

# YVY

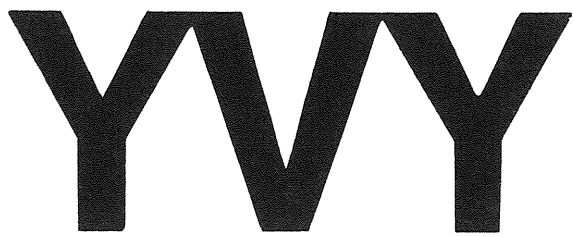
## TUTKIMUS 35

### Lammikkopuhdistamoiden toiminnan tehostaminen

yhdykskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1978





# **TUTKIMUS 35**

## **Lammikkopuhdistamoiden toiminnan tehostaminen**

**VESIHALLITUKSEN PROJEKTI N:O 7521**

**OULUN YLIOPISTO**

**JUSSI U. AIRAKSINEN  
RAIMO RANTALAHTI  
MATTI RATILAINEN  
MAUNO RÖNKKÖMÄKI  
MATTI SEPPÄLÄ**

## **yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti**

**HELSINKI 1978**

KYRIIRI OY  
Luotsikatu 4, 00160 H:KI 16  
PAINO: 90-630 230  
MYynti: 90-440 211/KIRJAKAUPPA  
RUNEBERGINK. 14—16  
(H:GIN KAUPPAKORKEAKOULU)  
00100 Helsinki 10

## ESIPUHE

Tämä tutkimus on jatkoa lammikkopuhdistamoiden toiminnan tehostamista koskeneelle esittökimukselle (E-15). Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lammikkopuhdistamon puhdistustehon parantamista mm. kemiallisen saostuksen, flotaatioselkeytyksen ja tehokkaan lietteen poiston avulla. Tutkimuksen rahoittamista perusteltiin muiden, yleensä lammikkopuhdistamoja kalliimpien puhdistuslaitosten rakentamisen välttämällä tai ainakin lykkäämisellä tuonnemmaksi.

Tutkimuksen rahoittivat vesihallitus (YVY-määräraha), Oulun yliopisto, Iin vesiosuuskunta, Kempeleen Vesihuolto Oy, Haapaveden kunta, Osuuskunta Pohjolan Maito sekä Vesiura Oy. Tutkimuksen suoritti Oulun yliopiston vesirakennustekniikan laitos professori Jussi U. Airaksisen johdolla. Tutkimusta valvoivat diplomi-insinööri Marja-Liisa Poikolainen vesihallituksesta ja diplomi-insinööri Veli-Matti Tiainen YVY-projektista (SITRAn tutkimusryhmä).

Tutkimus alkoi 1.3.1974 ja päättyi 30.11.1976. Tämä julkaisu laadittiin pääosin keväällä 1977.

Tutkimus vastaa sille asetettuja tavoitteita selvittäen lammikkopuhdistamojen tehostamismahdollisuuksia kustannuksineen.

Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti



## SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ESIPUHE	I
SISÄLLYSLUETTELO	III
TIIVISTELMÄ	V
ENGLISH SUMMARY	VII
 1. JOHDANTO	 1
 2. TUTKIMUSSELOSTUS	 3
2.1 Lammikkopuhdistamon biologisen prosessin selostus	3
2.2 Lammikkopuhdistamon toiminnan tehostamisesta	6
2.21 Yleistä	6
2.22 Kemikaalisaostuksesta	6
2.3 Tutkimuskohteet ja tehostamistoimet	7
2.31 Ii	7
2.32 Kempele	9
2.33 Haapavesi	10
2.34 Pohjolan Maito	12
2.35 Nivala	13
2.36 Muita lammikkopuhdistamoita	15
2.361 Liminka	15
2.362 Ruukki	15
2.363 Käsämäki	16
2.4 Tutkimuksen suorittaminen	17
2.41 Yleistä	17
2.42 Kemikalointitutkimus	17
2.43 Flotaatio	19
2.44 Lietetutkimus	20
2.5 Tutkimustulokset	22
2.51 Kemikalointitutkimus	22
2.52 Lietetutkimus	24
2.6 Kustannuksista	31
2.7 Tutkimuksen arviointia	35
2.8 Jatkotutkimukset	36

	sivu
2.9 Mitoitus- ja toteutusohjeita	37
2.91 Yleistä	37
2.92 Mitoituksen lähtöarvot	38
2.93 Kemikaalin annostus- ja flokkautusohjeita	38
2.94 Selkeytys ja lietteenpoisto	39
 KIRJALLISUUSLUETTELO	 42
 LIITTEET	



## TIIVISTELMÄ

Vuosina 1974–1976 suoritettiin tutkimus useiden Oulun ja Kokkolan vesipiirien alueilla sijaitsevien jäteveden lammikkopuhdistamojen toiminnan tehostamisesta kemikaalisaostuksen avulla. Tutkimus kuuluu osana SITRAn yhdyskuntien vesi- ja jätevesihuoltotekniikkaa käsittelevään YVY-projektiin. Oulun yliopiston ja SITRAn lisäksi ovat tutkimuskustannuksiin osallistuneet Nivalan kunta, Iin Vesiosuus-kunta, Kempeleen Vesihuolto Oy, Haapaveden kunta, Osuuskunta Pohjolan Maito sekä Vesiura Oy. Tutkimuksen tavoitteena oli koota käytännössä kemikaalisaostuksen avulla lammikkopuhdistamojen tehostamisesta saatuja kokemuksia, selvittää syötön edullisinta määrää ja sen rakenteellista järjestelyä sekä kehittää saostuksessa syntyvän lietteen poistoa ja käsittelyä. Tutkimuksessa pyrittiin yksinkertaisten ja halpojen toimenpiteiden avulla parantamaan tavallisten lammikkopuhdistamojen puhdistustehoa lähinnä BHT:n ja fosforin suhteen myös talviololoissa.

Tutkimuksen suoritustapaa ovat rajoittaneet jo ennen sen aloittamista suoritettut tehostamistoimet, allasjärjestelyt ja syöttölaitteet. Saostuskemikaalina käytettiin pääasiassa vain ferrikloridia (kauppanimike Finnferri) ja menetelmänä esisaostusta, paitsi Pohjolan Maidon puhdistamossa jälkisaostusta.

Tutkimus on osoittanut, että tavallisten lammikkopuhdistamojen toimintaa voidaan olennaisesti parantaa kemikaalisaostuksella. Asianmukaisesti mitoitettujen ja hoidettujen kemikaalisaostuksella tehostettujen lammikkopuhdistamojen puhdistusteho on verrattavissa tavanomaiseen kemiallis-biologiseen puhdistamoon. Puhdistusteho on ollut BHT:n osalta 65–80 % ja fosforin 70–90 %; jäännöspitoisuudet ovat vastaavasti olleet 20–50 mg/l ja 0,5–1,5 mg/l. Nämä puhdistamot toimivat hyvin myös kylmänä vuodenaikana. Pitkän viipymän johdosta lammikkopuhdistamoon tulevan jäteveden määrän ja laadun vaihtelut eivät vaikuta sieltä lähtevän jäteveden laatuun samassa määrin kuin lyhytviipymäisissä puhdistamoissa.

Tämän tutkimuksen kohteina olleiden tehostettujen lammikkopuhdistamoiden kokonaisrakennuskustannukset ovat 80–120 mk asukasta kohti vuoden 1976 hintatason mukaan. Kemiallis-biologiset rinnakkaissaostuslaitokset ovat olleet Oulun vesipiirin alueella 3–4 kertaa kalliimpia. Sen sijaan käyttökustannukset nousevat suunnilleen yhtä korkeiksi kuin rinnakkaissaostuslaitoksissa. Käyttökustannuksien todettiin olevan puhdistamolle tulevaa jätevesikuutiometriä kohden 35–40 p, josta kemikaalien osuus on 50–60 %.

Kemikaalisaostuksessa muodostuvan lietteen laatua ja määrää tutkittiin, lisäksi selvitettiin lietteen siirtämistä saostusaltaista pumppaamalla, kaivukoneella ja loka-autolla sekä lietteen kuivattamista. Lietteiden käsittelyä kokeiltiin laskeutustiivistämistä, flotaatiota ja suotonauhapuristimen käyttöä. Kustannusvertailu osoitti, että oma lietteenkäsittelylaitos on edullinen, jos asukasmäärä ylittää 5 000. Tätä pienemmille yhdyskunnille on yhteinen siirrettävä suotonauhapuristin taloudellisin tutkimuksen kohteena olleista vaihtoehdoista.

Suoritetussa tutkimuksessa on käytetty saostuskemikaalina ferrikloridia (Finnferri). Sen todettiin sisältävän pääkemikaalin ohella monia sivuaineita, jotka saostuvat osaksi poistettavaan lietteeseen tai kulkeutuvat vesistöön. Jatkotutkimuksissa olisi selvítettävä saostuskemikaalin todelliset vaikutukset purkuvesistöissä ja niillä maa-alueilla, joihin liete lopullisesti sijoitetaan. Lietteiden jatkokäsittelyn kustannukset ovat korkeat, minkä vuoksi käsittelyn edelleen kehittämiseen olisi kiinnítettävä vakavaa huomiota.

## SUMMARY

In 1974-1976 a study was carried out within the area of several water supply and sewer system districts in Oulu and Kokkola. The study dealt with possibilities of improving the efficiency of oxidation ponds by applying chemical precipitation. The study was part of SITRA's YVY Project, but also some communes and enterprises participated in sharing of the costs. The aim of the study was to collect data on experiences gained from improving the efficiency of oxidation ponds by chemical precipitation, and to determine the most advantageous chemical dosing and its practical arrangements, as well as to develop methods for removing and treating the sludge that is produced in connexion with precipitation. The study aimed at improving the efficiency of the treatment processes of ordinary oxidation ponds also in winter by applying simple and inexpensive methods. Special attention was paid to BOD and phosphorus.

The way of carrying out the study was limited by previous intensification measures, and arrangements of basins and chemical dosing. Ferric chloride was used as the main precipitation chemical (trade-name Finnferri). The method applied was pre-precipitation, except for one enterprise where post-precipitation was used.

The study showed that by chemical precipitation, the efficiency of ordinary oxidation ponds can be improved significantly. When adequately equipped, the efficiency of oxidation ponds using chemical precipitation can be compared with ordinary chemo-biological treatment plants. The efficiency in part of BOD was 65 - 80 % and in part of phosphorus 70 - 90 %. The remaining sludge concentrations were 20 - 50 mg/l and 0.5 - 1.5 mg/l respectively. These treatment plants function properly also during the winter months. Due to the long detention, changes in the amount and quality of wastewater coming to the oxidation pond do not have such a noticeable effect on the quality of wastewater leaving the pond as in treatment plants using short detention.

The total building costs of the intensified oxidation ponds included in this study were 80 - 120 Fmk per capita according to the 1976 price level. The building costs of chemo-biological simultaneous precipitation plants in the water supply and sewer system districts of Oulu have been 3 or 4 times that amount. The operation costs, however, are nearly equal. They were calculated to be 35 - 40 pennies per one cubic metre of wastewater, out of which sum chemicals count for 50 - 60 %.

The quality and amount of sludge produced in connexion with chemical precipitation was examined, as well as methods of leading the sludge from the basins by pumping, by bulldozers or sewage tankers. Also possibilities of drying the sludge were investigated, as well as treatment of sludge by sedimentation, flotation or by use of a belt filter press. Comparison of the costs showed that a sludge treatment plant of their own is economically advantageous for communes where the number of inhabitants exceeds 5000. For smaller communes the most advantageous of the examined alternatives is the shared use of a common, transportable belt filter press.

Ferric chloride (Finnferri) was used as the precipitation chemical in the study. In addition to the main chemical it was found out to contain several others, which partly precipitate in the sludge or are carried to the waters. In further studies the real effects of the precipitation chemicals on the receiving bodies of water and on the soil where the sludge is finally carried, should be investigated. As the further treatment of sludge is expensive, serious attention should be paid to the development of the methods.

## 1. JOHDANTO

Lammikkopuhdistamoja rakennettiin maassamme lukuisasti 1960-luvulla, jolloin vesihuoltoa kehitettiin voimakkaasti maaseudun taajamissa. Lammikkopuhdistamo todettiin usein edullisimmaksi ensimmäiseksi ratkaisuksi jätevesien käsittelyn vaiheittaisessa kehittämisessä. Harvaan asutussa maassamme on monien maaseudun taajamien ja suunnitellun purkuvesistön välittömässä läheisyydessä lammikkopuhdistamolle sopivia, riittävän laajoja, mutta muuhun tarkoitukseen huonosti soveltuvia alueita. Lammikkopuhdistamoiden suunnittelu voidaan suorittaa verraten yksinkertaisin perustein, ja ennen kaikkea niiden rakennus- ja käyttökustannukset ovat huomattavasti alemmat kuin muiden puhdistamotyyppien. Vuonna 1974 suoritettun selvityksen mukaan lammikkopuhdistamoja oli rakennettu maassamme noin 140 ja niissä käsiteltiin teollisuusjätevesien ohella yhteensä 154 000 asukkaan jätevedet.

Jätevesien puhdistuminen tehostamattomassa aerobisessa lammikkopuhdistamossa perustuu lähinnä pieneliöiden ja auringonvaloa vaativien levien suorittamaan lika-aineiden biologiseen hajottamiseen. Anaerobiset syvät lammikot puolestaan edellyttäisivät jatkuvaa verraten korkeaa lämpötilaa. Maamme pohjoisesta sijainnista ja ilmastosta johtuu, että tällaisten lauhkeankin ilmaston maissa varsin yleisten puhdistamotyyppien puhdistusteho osoittautui meillä kuitenkin heikoksi kesäaikaa lukuun ottamatta. Vuonna 1972 laaditun yhteenvedon mukaan tavallisissa lammikkopuhdistamoissa jäteveden BHT<sub>7</sub> väheni talvella keskimäärin vain noin 50 % ja kokonaisfosfori 25 %. Talvella jääpeitteen aikana lammikkoaltaat ovat täysin hapettomia, mistä aiheutuu, että fosforia liukenee myös lammikon pohjalietteestä puhdistamolta lähtevään jäteveteen. Muissa maissa saatuihin kokemuksiin perustuen oli jo 1960-luvun loppuvaiheessa esillä lammikkopuhdistamoiden toiminnan tehostaminen mekaanisen ilmastuksen avulla, mutta vuosikymmenien vaihteessa päädyttiin kuitenkin kustannussyistä ja myös toteuttamisen yksinkertaisuuden vuoksi kemikaalisäostuksen käyttöön.

Vaikka jo ensimmäisissä sovellutuksissa kemikaalisaostus paransi puhdistustehoa huomattavasti, ilmeni mm. tehostamisen rakenteellisiin järjestelyihin, kemikaalinsyötön määrään ja saostuksessa syntyvän lietteen käsittelyyn liittyviä kysymyksiä, joiden selvittäminen vaati käytännössä saatujen kokemuksien kokoamista ja yhtenäistä tutkimusta. SITRAn yhdyskuntien vesi- ja jätevesihuoltotekniikkaa käsittelevälle YVY-projektille tehtyjen aloitteiden johdosta projektin johtoryhmä käynnisti vuonna 1973 esitutkimuksen aiheesta "Lammikoinnin tehostaminen". Esitutkimuksen suorittanut työryhmä totesi selvityksessään mm., että jos lammikoiden toimintaa voidaan tehostaa kemiallisen saostuksen avulla, saadaan varsin huomattavia kustannussäästöjä jo pelkästään siirtämällä uusien puhdistamojen rakentamista myöhäisempään ajankohtaan (Mäkelä, Lehtonen, Murtomäki 1974). Esitutkimuksessa tehdyn ehdotuksen mukaisesti varsinainen lammikkopuhdistamojen tehostamista koskeva tutkimus aloitettiin vuonna 1974. Se päättyi 31.5.1976.

Tutkimuskohteina olivat eräät Oulun ja Kokkolan vesipiirien alueella sijaitsevat lammikkopuhdistamot. Tutkimusmahdollisuuksia ovat rajoittaneet jo ennen sen aloittamista suoritettut tehostamistoimet, allasjärjestelyt ja syöttölaitteet, minkä johdosta mm. saostuskemikaalina voitiin käyttää pääasiassa vain ferrikloridia. Ilmastuksen soveltamiseen puhdistustuloksen parantamiseksi ei myöskään ollut mahdollisuuksia tämän tutkimuksen puitteissa.

Seuraavassa tutkimusselostuksessa lammikkopuhdistamojen prosessiteoreettiset perusteet on esitetty varsin lyhyesti, koska ne ovat luettavissa lähdekirjallisuudesta. Koska tehostamistoimet ovat suuressa määrin laitospohjaisia, tutkimuskohtainen selostus on laadittu melko yksityiskohtaisesti. Tämä selostus on osittain lyhennetty yhdistelmä kolmesta aiemmin laaditusta osaraportista ja neljästä diplomityöstä, joita voi saada lainaksi Oulun yliopiston rakentamistekniikan osaston kirjastosta. Uutena osana ovat mitoitus- ja suunnitteluohjeet.

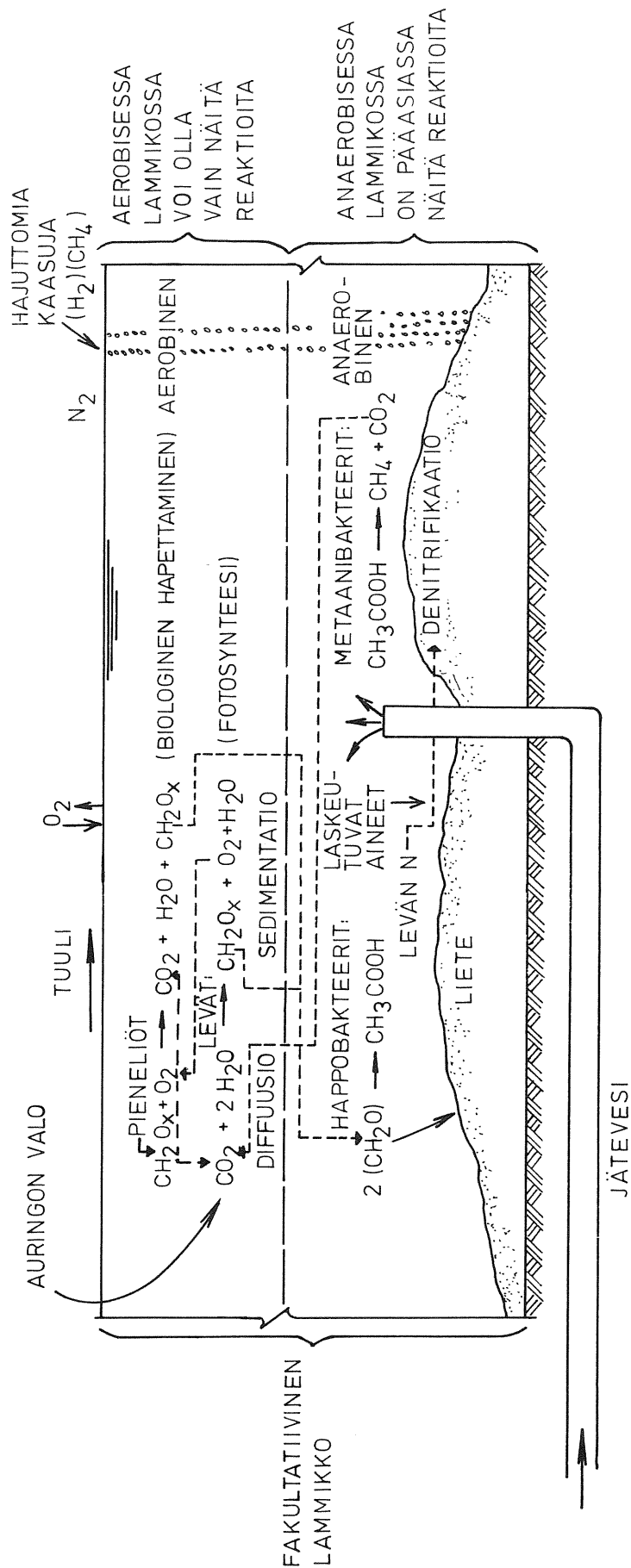
## 2. TUTKIMUSSELOSTUS

### 2.1 Lammikkopuhdistamon biologisen prosessin selostus

Tavallinen lammikkopuhdistamo on laaja-alainen, matala ja maapohjainen allas, jossa pyritään aerobisissa tai anaerobisissa olosuhteissa hajottamaan jäteveden orgaaniset lika-aineet. Siitä on käytetty myös nimityksiä hapetuslammikko, jätevesilammikko, jätevesiallas ja allaspuhdistamo. Jätevesilammikoiden biologisia prosesseja on esitetty kaaviollisesti kuvassa 1.

Aerobisen lammikon hajotustoiminta perustuu happea tarvitsevien pieneliöiden ja levien yhteistoimintaan. Pieneliöt käyttävät jätevedessä olevaa orgaanista ainetta ravinnokseen ja uusien solujen synnyttämiseen. Pieneliöiden toiminnan tuloksena muodostuu ravintosuoloja ja hiilidioksidia. Käyttäen auringonvaloa energialähteenään leväkasvit yhteyttävät hiilidioksidia, vettä ja suoloja (fotosynteesi). Ne tuottavat mm. happea, jota pieneliöt puolestaan tarvitsevat. Levien suorittamaa fotosynteesiä voi tapahtua luonnossa vain auringonvalon vaikutuksesta. Tästä syystä levien tuottaman hapen määrä vaihtelee vuorokauden- ja vuodenajan sekä myös pilvisyyden mukaan. Pieneliöt saavat tarvitsemansa hapen pääasiassa fotosynteesin tuloksena, joskin happea liukenee veteen myös ilmasta ja puhdistamolle tulevassa jätevedessäkin saattaa olla happea jäljellä. Fotosynteesin vaatima auringonvalo tunkeutuu vain 30–50 cm:n syvyyteen, mutta veden sekoittumisen johdosta aerobista toimintaa tapahtuu syvemmälläkin.

Lammikon pohjalietekerros on kuitenkin myös kesällä anaerobisessa eli hapettomassa tilassa. Anaerobisessa toiminnassa happo- ja metaanibakteerit hajottavat orgaanista ainetta. Happobakteerit muodostavat soluainesta, rikkivetyä ja orgaanisia happoja. Metaanibakteerit käyttävät orgaanisia happoja uuden soluaineksen ja metaanin sekä energian tuottamiseen välttämättömän hiilidioksidin synnyttämiseen.



KUVA 1 JÄTEVESILAMMIKOIDEN ERILAISET BIOLOGISET TOIMINNAT  
KAAVIOLLISESTI ESITETTYNÄ (AIRAKSINEN 1975)



Koska happea ei ole riittävästi jätevedessä olevan hiilen kuluttamiseen, bakteerit sitovat ylimääräisen hiilen vedyn kanssa. Anaerobisessa hajoamisessa hiiltä ja energiaa vapautuu vähemmän kuin aerobisessa, joten anaerobinen prosessi on aerobista hitaampi.

Suomen ilmastossa lammikot toimivat fakultatiivisesti eli lammikossa tapahtuu molempia hajotusprosesseja. Kesäaikana fakultatiivisen lammikon toiminta on tehokkainta. Mikäli lammikko on tarpeeksi matala, saattaa hajotustoiminta olla vesikerroksessa täysin aerobista. Paksussa pohjalietekerroksessa tapahtuu kuitenkin anaerobista hajotustoimintaa. Jos happobakteerit ovat lietteessä vallitsevina, vapautuu rikkivetyä, joka ylemmissä aerobisissa kerroksissa hajottuu rikkihapoksi. Tällöin ei esiinny hajuhaittoja. Leväkasvu on kesällä voimakasta, ja fotosynteesin sitoessa hiilidioksidia saattaa aerobisen kerroksen pH nousta jopa yli 10:n. Emäksisissä oloissa saostuvat useat fosforin ja typen suolat suoraan jätevedestä. Ravinteita poistuu myös kuolleeseen soluainekseen sitoutuneena. Tuulten ja termisen sekoittumisen ansiosta ei pohjakerrosten pH ole tavallisesti kovin alhainen, joten myös metaanibakteerit toimivat tehokkaasti tuottaen metaania.

Talvella jää- ja lumipeite estävät aerobista hajotusta ja alhaisesta lämpötilasta johtuu, että myös anaerobisten bakteerien toiminta heikkenee. Lammikossa toimivat lähinnä happobakteerit alentaen pH:ta, mikä johtaa ravinteiden liukenemiseen. Ravinteita vapautuu pelkistyneinä suoloina pohjalietteen solumateriaalin anaerobisessa hajoamisessa. Happobakteerien tuottamaa rikkivetyä kertyy jään alle ja kevyällä jäiden sulaessa se vapautuu, jolloin ympäristöön saattaa levitä pahaa hajua.

(Metcalf & Eddy 1972, Puolanne 1972, Ranta, Rautalahti-Miettinen ja Yli-Rantala 1975, Airaksinen 1975, Seppälä 1974, Mäkelä 1964, Niinivaara 1965).

## 2.2 Lammikkopuhdistamon toiminnan tehostamisesta

### 2.21 Yleistä

Lammikkopuhdistamon puhdistustehoa voidaan parantaa lisäämällä sen pinta-alaa ja tilavuutta, suorittamalla oikovirtauksia vähentäviä rakenteellisia muutoksia, mekaanisen ilmastuksen, veden kierrätyksen ja vedenpinnan säätelyn avulla sekä kemikaalisaostusta käyttäen. Näistä menetelmistä Suomessa on eniten kokeiltu ja käytetty kemikaalisaostusta. Sen avulla voidaan ennen kaikkea tehostaa fosforin vähenemistä jätevedestä ennen vesistöön johtamista, mitä pidetään maassamme BHT:n vähentämisen ohella jätevesien käsittelyn ensisijaisena tavoitteena.

### 2.22 Kemikaalisaostuksesta

Jäteveteen lisätty saostuskemikaali aiheuttaa lukuisia kemiallisia prosesseja, joista tärkeimmät ovat koagulaatio ja flokkulaatio. Koagulaatio (saostuminen) tarkoittaa kolloidisten ja muiden pienten hiukkasten saostamista isommiksi partikkeleiksi vähentämällä hiukkasten pinnalle adsorboituneiden ionien sähkövarausta. Kolloidit ovat sähköisesti varautuneita, mikä vaikeuttaa niiden yhtymistä. Kolloidien sähkövarauksen mittana käytetään ns. zeta-potentiaalia. Sen alentaminen tapahtuu helpoimmin siten, että liuokseen lisätään elektrolyyttejä, joiden vastakkaismerkkiset ionit pienentävät epäpuhtauspartikkelien varausta. Koska kolloidien sähkövaraus riippuu vety- ja hydroksyyli-ionien määrästä, koagulaatiota voidaan ohjata säätämällä pH-arvoa. Flokkulaatio (hiutaloituminen) tarkoittaa epäpuhtauspartikkelien yhtymistä flokeiksi. Koaguloitumisvaiheessa kemikaalin ja jäteveden sekoittumisen on oltava hyvä, mutta flokkulaation kehittyessä sekoittamista olisi vähennettävä, jotta muodostuvat flokit eivät rikkoutuisi.

Kemiallista saostusta voidaan edistää polyelektrolyyttien avulla. Kemikaalisuotön johdosta sähkövarauksensa menettäneet epäpuhtauspartikkelit liittyvät yhteen flokeiksi, jotka painovoiman johdosta

laskeutuvat lietteeksi altaan pohjalle. Flotaatiossa flokit nostetaan ilmastuksen avulla pintaan.

Kemiallisen saostuksen tarkoituksena on sitoa jätevedestä etenkin fosforia, mutta myös orgaanisia aineita. Soveltuvia kemikaaleja ovat ferrikloridi, alumiinisulfaatti sekä kalkki.

Ferrikloridia käytettäessä muodostuu niukkaliukoisia ferrifosfaatteja sekä hydroksifosfaatteja. pH-optimalueet ovat  $>8,5$  ja  $5,5-6,0$ . Lisäksi syntyy flokkautuvia hydraattihydroksidipolymeerejä.

Alumiinisulfaattisaostuksessa syntyy alumiinifosfaattia, jolloin pH-optimi on  $6,0-6,5$ . Lisäksi muodostuu polymerisoituvia hydraattihydroksideja.

Kalkkisaostus onnistuu vain emäksisellä alueella, jolloin tärkein saostuva yhdiste on hydroksyyliapatiitti.

Lammikkopuhdistamojen yhteydessä kemikaalin syöttö voidaan suorittaa ennen lammikko-osaa, jolloin flokkien laskeuttamista varten on rakennettava esisaostusallas. Kemikaalin syöttö ja saostus on mahdollista tehdä myös jälkisaostuksena erillisessä altaassa. Kemikaalisyötöllä tehostetussa lammikkopuhdistamossa on siten kaksi erillistä, pääasiassa kemiallisesti tai biologisesti toimivaa osaa.

(Santaholma, Reinikainen ja Kalliola 1975, Antila 1974, Lehtonen 1974, Lehtonen ja Poikolainen 1974, Ronkainen 1976).

## 2.3 Tutkimuskohteet ja tehostamistoimet

### 2.31 Ii

Iin Vesiosuuskunnan lammikkopuhdistamo on ollut käytössä vuodesta 1962 lähtien, jolloin siihen johdettiin n. 600 asukkaan jätevedet. Viemäriverkko on rakennettu erillisviemäröintinä betoni- ja muoviputkista ja sen kokonaispituus on n. 27 km. Suurimpien kiinteistö-

jen jätevedet johdetaan saostuskaivojen kautta verkkoon. Lammikon pinta-ala on n. 2 ha eli n.  $12 \text{ m}^2$ /asukas. Lähtevä vesi purkautuu 0,7 km:n pituisen viemärin kautta Iijokeen. Lammikosta ei ole poistettu lietettä koko sen toiminnan aikana. Lammikossa käsitellyn jäteveden BHT<sub>7</sub>:n vähenemä oli vuosina 1962–64 80 % ja vuonna 1974 53 %, ja vastaavasti kokonaistypen 87 % ja 30 %. Kokonaisfosfori väheni vuonna 1974 11 %.

Käsittelylaitoksen tehostamiseksi rakennettiin kaksi maa-allasta rinnakkain lammikon eteen selkeytysaltaiksi, joita voidaan käyttää yhtä aikaa tai vuorotellen.

Iin lammikkopuhdistamon yleisjärjestely on esitetty liitteessä 1.

Kemikaali (ferrikloridi) syötetään tulopumppaamoon, josta vesi johdetaan n. 0,8 km:n pituisen paineputken avulla saostusaltaisiin. Annostelupumpun toimintaa ohjataan jätevesipumppujen käynnin aikana. Saostusaltaat toimivat aluksi siten, että ne täytettiin vuorotellen. Vesi sai selkeytyä altaissa n. vuorokauden ajan. Selkeytynyt vesi johdettiin lammikkoon kahden kaivon kautta. Lammikkoon tulevaa virtaamaa ei mitata. Lähtevä virtaama mitataan kolmiomittapadolla.

Saostusaltaiden yhteinen tilavuus on n.  $300 \text{ m}^3$ . Kun keskimääräinen jätevesimäärä on  $260 \text{ m}^3/\text{d}$ , niin altaiden mitoitus on

- viipymä 1,2 d
- pintakuorma 0,04 m/h
- reunakuorma  $5,2 \text{ m}^2/\text{h}$ .

Tehostamiskokeilut alkoivat heinäkuussa 1975. Syyskuussa muutettiin saostusaltaat jatkuvatoimisiksi ja niiden vedenpintaa nostettiin 0,9 m:stä 1,4 m:iin. Lisäksi lähtökaivojen ylivuotoreunaan asennettiin sahalaitainen reunus. Altaiden yhteiseksi tilavuudeksi tuli nyt n.  $500 \text{ m}^3$  ja suurimmaksi viipymäksi altaassa n. 2 d. Viipymä pienenee altaissa varastoituvan lietemäärän kasvaessa. Lietettä poistetaan pari kertaa vuodessa lammikon vieressä olevaan noin

350 m<sup>3</sup>:n suuruiseen lietevarastoon, josta lietevesi johdetaan viettoputkessa lammikkoon. Liete kuljetetaan n. 4 km:n päässä olevalle kaatopaikalle.

## 2.32 Kempele

Kempeleen lammikkopuhdistamo on otettu käyttöön vuonna 1971. Laitokseen tulee jätevettä nykyisin n. 800–1 000 m<sup>3</sup>/d ja siinä käsitellään n. 4 000 asukkaan jätevedet. Verkko on rakennettu erilisviemäröintinä betoni- ja muoviputkista. Viemäriverkon kokonaispituus on n. 56 km. Kiinteistöissä ei ole sakokaivoja. Lammikon pinta-ala on n. 1,8 ha eli n. 4 m<sup>2</sup>/as ja keskisyvyys 1 m. Tuleva vesi on ollut laadultaan normaalia asumajättevettä. Lammikossa käsitellyn jäteveden BHT<sub>7</sub>:n vähenemä vuonna 1971 oli 78 % ja kokonaisfosforin vähenemä 14 %.

Vuoden 1973 alussa tehostettiin lammikon toimintaa kemiallisen käsittelyn avulla. Liitteessä 2 on esitetty lammikkopuhdistamon yleisjärjestely tehostustoteutuksen jälkeen.

Vesi tulee lammikkoon viettoviemärissä, jonka tarkastuskaivoon syötetään kemikaalia kalvopumpulla. Kemikaalin (ferrikloridi) säilyttämistä varten on rakennettu varasto, jossa on 5 m<sup>3</sup>:n suuruinen säiliö. Kemikaalin sekoittuminen jätevedeen, koagulaatio ja flokin muodostuminen tapahtuvat ensisijaisesti viemärissä. Kemikaalin syöttöpaikan ja saostusaltan välisen viemäriosuuden pituus on n. 70 m. Ennen saostusallasta suoritetaan venturikanavalla virtaamamittaus, jonka avulla ohjataan kemikaalin annostelua. Lammikosta erotettujen saostusaltaiden avulla poistetaan vedestä laskeutuva liete, joka pumpataan n. kerran vuorokaudessa lietealtaaseen. Saostusaltaita on kaksi, jotka toimivat muista laitoksista poiketen peräkkäin.

Veden tulosuunnasta katsottuna ensimmäisen altaan pinta-ala on 50 m<sup>2</sup>, pintakuorma 2,0 m/h, tilavuus 70 m<sup>3</sup> ja viipymä 0,7 h. Toinen allas on kaksiosainen ja sen kokonaispinta-ala on 750 m<sup>2</sup>, pin-

takuorma 0,13 m/h, tilavuus 750 m<sup>3</sup> ja viipymä 7,5 h. Veden poistoa varten on saostusaltaisiin rakennettu kourut, joiden reunakuorma ensimmäisessä altaassa on 25 m<sup>2</sup>/h ja toisessa 10 m<sup>2</sup>/h.

Saostuksen jälkeen vesi johdetaan lammikkoon, jonka pinta-ala on 1,7 ha eli n. 4 m<sup>2</sup>/as, keskisyvyys 1 m ja keskimääräinen viipymä 17 d. Lammikko on jaettu maavalleilla osiin. Vesi purkautuu mittapadolla varustetun lähtökaivon kautta Liminganlahteen laskevaan ojaan.

Lietettä poistetaan jatkuvasti vain ensimmäisestä saostusaltaasta erilliseen lietealtaaseen. Lietettä tiivistetään laskeuttamalla altaassa, jonka pinnalta johdetaan selkeytynyttä vettä takaisin ensimmäiseen saostusaltaaseen. Pintalietteen pääseminen takaisin saostusaltaaseen on estetty ylivuotokourun eteen laitetulla levyllä. Liete poistetaan altaasta kaivukoneella.

### 2.33 Haapavesi

Haapaveden kunnan lammikkopuhdistamo on otettu käyttöön vuonna 1966. Keskimääräinen virtaama on ollut 500–750 m<sup>3</sup>/d ja suurimmat virtaamat sekaviemäroinnin johdosta jopa 2 000 m<sup>3</sup>/d. Viemäroinnin piiriin kuuluu nykyisin n. 2 000 asukasta. Vuonna 1974 jäteveden BHT<sub>7</sub>:n vähenemä lammikossa oli 43 %, fosforin 23 % ja typen 48 %. Tuleva vesi oli keskimäärin laimeaa jätevettä: BHT<sub>7</sub> 67 mg/l, kok.P 4,7 mg/l ja kok.N 22,6 mg/l. Viemäriverkko on rakennettu pääasiassa betonista. Runkoviemärin pituus on n. 20 km. Kiinteistöissä on sakokaivot. Lammikon pinta-ala on 1,5 ha eli n. 8 m<sup>2</sup>/as, keskisyvyys 1,4 m ja tilavuus 21 000 m<sup>3</sup>. Lammikosta ei ole poistettu lietettä.

Puhdistamon tehostamistyöt suoritettiin kesällä 1975. Silloin rakennettiin lammikon eteen selkeytysaltaita ja pumppaamo. Puhdistamon yleisjärjestely ja toimintaperiaate on esitetty liitteessä 3.

Saostusaltaiksi tehtiin kaksi nelisivuisen pyramidin muotoista

maa-allasta, jotka verhoiltiin trevirakankaalla. Nykyisin tuleva vesi johdetaan mittakaivon kautta pumppaamoon. Virtaama mitataan suorakulmaisella mittapadolla. Vedenpinnan korkeutta havainnoidaan paineanturilla. Vesi johdetaan pumppaamosta jakokaivoon, johon kemikaali (ferrikloridi) myös annostetaan ja josta vesi kulkee tasauskaivojen kautta saostusaltaisiin. Tämän jälkeen vettä käsitellään nykyisin 0,5 ha:n suuruudessa lammikossa, jossa veden virtausta ohjataan penkereiden avulla.

Lietettä poistetaan saostusaltaista joko ilman pumppua tai sen avulla lieteputkea myöten lammikon osasta muodostettuun lietealtaaseen. Saostusaltaiden hyötytilavuus on yhteensä  $400 \text{ m}^3$ . Kun suurin virtaama oletetaan  $86 \text{ m}^3/\text{h}$ :ksi, altaiden mitoitusarvot ovat

- viipymä 4–5 h
- pintakuorma  $0,3 \text{ m/h}$
- reunakuorma  $4,8 \text{ m}^2/\text{h}$ .

Tehostamiskokeilut aloitettiin elokuussa 1975. Täyttö-tyhjennysperiaatteesta luovuttiin käytön alussa ja saostusallas muutettiin jatkuvatoimiseksi selkeytysaltaaksi. Tutkimuksen kuluessa tehtiin saostusaltaisiin seuraavia toimintaa parantavia muutoksia:

- Lähtökaivon alkuperäistä korkeutta nostettiin ja veden keräämiseksi rakennettiin poistokouru, joka tehtiin puusta sahareunaisena. Kourun leveys on  $0,25 \text{ m}$ , pituus  $5,0 \text{ m}$  ja korkeus  $0,15 \text{ m}$ . Yhden kourun reunan toimiva pituus on n.  $9,5 \text{ m}$ .
- Kourujen eteen asennettiin este pinnalla uivien epäpuhtauksien pidättämiseksi. Este asennettiin n.  $0,15 \text{ m}$ :n etäisyydelle kourusta.
- Saostusaltaaseen tulevan putken päähän tehtiin virtauksen rauhoituskaivo. Kaivo ulottuu veden pintaan ja sen halkaisija on  $1,0 \text{ m}$ .

Kemikaali syötetään jakokaivoon. Annostelu tapahtuu jätevesipumppujen käynnin perusteella. Annostelupumppuna on käytetty Membr-El Minor 2T-70k -kalvopumppua. Kemikaalia säilytetään 5 m<sup>3</sup>:n lasikuitusäiliössä, joka on upotettu maahan.

### 2.34 Pohjolan Maito

Osuuskunta Pohjolan Maidon meijeri sijaitsee Haapavedellä. Siellä käsitellään keskimäärin n. 100 milj. kg maitoa/a, josta pääosa jalostetaan maitojauheeksi ja juustoksi. Keskimääräinen jätevesimäärä on nykyisin n. 400–600 m<sup>3</sup>/d. Meijeri toimii 18 tuntia päivittäin.

Jätevedet on käsitelty lammikkopuhdistamossa, jonka pinta-ala on n. 9 ha ja keskisyvyys 1,2 m. Lammikon pohja on osittain suota ja sen pinnalla on runsaasti turvetta.

Jätevesi on asumajätevedeen verrattuna väkevää (v. 1974 BHT<sub>7</sub> keskimäärin 2 280 mg/l, kok. P 29,3 mg/l, kok. N 76,6 mg/l). Veden pH vaihtelee pesukemikaalien vaikutuksesta ja lämpötila lammikkoon purkautuessa on 35–40 °C.

Vuonna 1974 BHT<sub>7</sub>:n vähenemä lammikkopuhdistamossa oli keskimäärin 83 %, fosforin 51 % ja typen 61 %.

Lammikon yleisjärjestely on esitetty liitteessä 4.

Nykyisin jätevesi johdetaan ensin lammikkoon, jossa viipymä on n. 200 d. Lammikosta vesi johdetaan pumppaamoon, johon syötetään kemikaali (ferrikloridi). Annostelu perustuu pumppujen käyntiin. Paineputkessa jätevesi johdetaan jakokaivojen kautta saostusaltaiisiin, jotka toimivat täyttö-tyhjennysperiaatteella. Jätevesipumpun kytkeytyessä saostusaltaiden poistoputken venttiili sulkeutuu. Altaiden täytyttyä pysäytetään tulopumput. 1–3 h:n kuluttua moottori-venttiili avautuu ja selkeytynyt vesi pääsee poistoviemäriä pitkin vesistöön, minkä jälkeen saostusaltaissa olevat pumput pumppaavat



lietteen maa-altaaseen. Tämän jälkeen poistoputken venttiili sulkeutuu ja tulopumput pumppaavat uuden annoksen saostusaltaisiin.

Tulopumppuja ohjataan saostusaltaiden pinnan mukaan pintavipoilla ja poistoputken moottoriventtiilin kellolaitteella. Lietepumppuja ohjataan myös pintavipoilla ja kellolaitteilla. Selkeytysaika on tavallisesti ollut kolme tuntia ja lietettä on pumpattu n. seitsemän minuuttia. Yhteen kierrokseen kuluva aika on n. viisi tuntia. Saostusaltaiden hyödyllinen vesitilavuus on  $220 \text{ m}^3$  ja lietetila  $20 \text{ m}^3$ . Puhdistamon kautta voidaan siten juoksuttaa jätevettä n.  $530 \text{ m}^3/\text{d}$ .

## 2.35 Nivala

Nivalan kunnan lammikkopuhdistamo on otettu käyttöön keväällä 1969. Pinta-alaltaan se on 2,4 ha ja se on jaettu välipenkereellä kahteen yhtä suureen osaan. Ensimmäisen osan maksimivesisyvyys on 1,3 m ja toisen 1,2 m. Lammikon suurin vesitilavuus on noin  $25\,000 \text{ m}^3$ . Tuleva jätevesimäärä on nykyisin noin  $800 \text{ m}^3/\text{d}$  ja viipymä noin 30 d. Puhdistamosta lähtevä virtaama mitataan kolmiopadolla.

Liitteessä 5 on esitetty periaatepiirros puhdistamosta.

Suurin osa viemäriverkosta on erillisviemäriä, mutta myös sadevesiä johdetaan jonkin verran jätevesien käsittelylaitokseen. Runkoviemärin pituus on noin 30 km. Putkimateriaali on pääasiassa betonia. Verkko palvelee noin 3 500 asukasta, meijeriä, neljää huoltoasemaa ja kirkonkylän yleisiä rakennuksia. Viemäriverkon vedenjohtokyky ei ole riittävä tulva-aikoina, jolloin osa vedestä menee pumppaamon ohi suoraan vesistöön.

Tulva-aikoja lukuun ottamatta käsittelylaitokseen saapuva vesi on verraten väkevää

- $\text{BHT}_7$  550 mg/l
- kok. P 14 mg/l
- kok. N 77 mg/l.

Lammikolle tuleva kuormitus vastaa BHT<sub>7</sub>:n suhteen 8 900, kokonaisfosforin 3 800 ja kokonaistypen suhteen 3 050 asukasta. Vastaavasti saadaan lammikkopinta-alaa BHT<sub>7</sub>:n suhteen 2,7 m<sup>2</sup> ja fosforin suhteen 6,3 m<sup>2</sup> asukasta kohti.

Lammikko on jaettu penkereellä kahteen osaan. Flotaatioyksikkö on sijoitettu niiden väliin.

Lammikkopuhdistamon BHT<sub>7</sub>-kuormitus pinta-alaan verrattuna on erittäin korkea. Altaan alkuosassa on ilmastuslaitteet happitilanteen parantamiseksi. Ne siirrettiin flotaatioyksikön eteen kokeilun ajaksi.

Koelaitteistona oli Vesiura Oy:n toimittama kemialliseen saostukseen ja flotaatioselkeytykseen perustuva metallirakenteinen pienispuhdistusyksikkö. Laitoksen flokkautusyksikön mitat olivat 1,7 x 0,81 x 2,45 m<sup>3</sup> ja flotaatioyksikön 1,5 x 0,81 x 2,45 m<sup>3</sup>. Käyttökoneistona oli keskipakopumppu (1,5 kW), kompressori (4,0 kW), vesipumppu (2,2 kW), pintalaahain, kemikaalipumppu ja kaksi 200 l:n painesäiliötä. Flokkautusaltaan vesitilavuus oli 3,4 m<sup>3</sup> ja pinta-ala 1,4 m<sup>2</sup> ja flotaatioaltaan 3,0 m<sup>3</sup> ja 1,2 m<sup>2</sup>.

Jätevesi pumpattiin portaattomasti säädettävällä pumpulla flokkautusyksikköön, jossa syötettiin kemikaali ja sekoitettiin jätevetä pohjailmastimilla. Myöhemmin sekoitusta tehostettiin kaksivaiheisella mekaanisella hämmentimellä. Sekoituksen, koagulaation ja flokkulaation jälkeen vesi meni flotaatioyksikköön, jossa siihen johdettiin lietteen pintaan nostava dispersiovesi. Liete poistettiin nelisiipisellä laahaimella lietekourun kautta laitoksen sivulla olevaan laatikkoon. Selkeytynyt vesi johdettiin flotaatioosan pohjan kautta ylivirtauskouruun ja edelleen putkessa lammin toiseen osaan. Osa selkeytyneestä vedestä käytettiin dispersiovetenä.

Kemikaalien syöttö suoritettiin portaattomasti säädettävällä kalvopumpulla, jolla voi annostella yhtä aikaa kahta liuosta. Kalkin

syöttöä varten laitoksessa oli kuivasyöttölaitteet. Liuokset johdettiin flokkautusaltaaseen. Erillistä pikasekoitusosaa ei laitoksessa ollut.

## 2.36 Muita lammikkopuhdistamoita

### 2.361 Liminka

Limingan Vesihuolto Oy:n lammikko on otettu käyttöön vuonna 1968. Tehostaminen kemikaloinnilla on aloitettu vuoden 1974 alussa. Viemäröinnin piiriin on liittynyt vuoden 1975 loppuun mennessä 2 000 asukasta. Viemäriverkon pituus on 23,5 km, josta 1 km on sadevesiviemäriä. Putkimateriaali on pääasiassa betonia. Kiinteistöjen yhteydessä on sakokaivot. Vuotovesiä tulee runsaasti tulva-aikoina puhdistamolle. Lähtevä virtaama mitataan kolmiopadolla.

Lammikon pinta-ala on 3 ha eli n.  $15 \text{ m}^2/\text{as}$  ja keskimääräinen syvyys 1,5 m. Viipymä on n. 40 d. Lammikon alkuosassa on kolme esisaostusallasta peräkkäin ( $A = 2 \times 150 \text{ m}^2$  ja  $1 \times 200 \text{ m}^2$ , suurin syvyys 4,0 m). Liette poistetaan esisaostusaltaista n. 2 kertaa vuodessa läheiseen lietealtaaseen. Puhdistamon nykyinen kuormitus on n.  $900 \text{ m}^3/\text{d}$ .

Saostuskemikaalina käytetään ferrikloridia, joka syötetään pumppaamon imualtaaseen. Annostelupumpun käynnistys ohjataan jätevesipumppujen käynnin avulla. Pumppaamolta johtaa lammikolle n. 2 000 m:n pituinen paineviemäri.

Vuonna 1976 puhdistustulokset ovat olleet keskimäärin seuraavat: BHT<sub>7</sub> 83 %, kok.P 87 % ja kok.N 42 %.

### 2.362 Ruukki

Paavolan Vesihuolto Oy:n lammikko Ruukissa on ollut käytössä vuodesta 1971 alkaen. Saostuskemikaalin syöttö on aloitettu vuoden 1972 toukokuussa. Viemäröinnin piiriin on liittynyt vuoden 1975

loppuun mennessä 1 100 asukasta. Viemäriverkon pituus on 28,1 km. Viemäriverkosta on n. 52 % betonia ja 48 % muovia. Kiinteistöjen yhteyteen on rakennettu sakokaivot.

Lammikon pinta-ala on 2,2 ha, eli n.  $20 \text{ m}^2/\text{as}$ , syvyys 1,2–1,5 m ja tilavuus n.  $29\,000 \text{ m}^3$ . Viipymä on n. 140 d. Lammikon alkupäästä on ponttoniseinällä erotettu  $235 \text{ m}^2$ :n suuruinen saostusallas, josta liete poistetaan n. kerran kolmessa kuukaudessa tankkiautokalustolla ja kuljetetaan kaatopaikalle.

Saostuskemikaalina on käytetty ferrikloridia, joka syötetään liuoksena pumppaamon imualtaaseen. Annostelupumppu on kytketty jätevesipumppujen käyntiin.

Nykyinen jätevesimäärä on n.  $150 \text{ m}^3/\text{d}$ . Tutkimustulosten mukaan kemikaloinnilla tehostettu lammikko on toiminut hyvin. Vuonna 1976 puhdistustehot ovat olleet keskimäärin:  $\text{BHT}_7$  84 %, kok.P 85 % ja kok.N 62 %.

### 2.363 Kärämäki

Kärämäen kunnan lammikkopuhdistamo on otettu käyttöön vuonna 1970. Tehostaminen kemikaloinnilla sekä esisaostusaltaan ja lietealtaan rakentaminen on suoritettu vuonna 1976.

Viemäroinnin piiriin on liittynyt vuoden 1975 loppuun mennessä 600 asukasta. Viemäriverkon pituus on 7 km. Se on rakennettu betoniputkista sekaviemärointijärjestelmänä. Kaikilla talouksilla on sako-kaivot.

Lammikon pinta-ala on 1,6 ha eli n.  $27 \text{ m}^2/\text{as}$ , syvyys keskimäärin 1,2 m ja viipymä 180 d. Esisaostusaltaan pinta-ala on  $200 \text{ m}^2$  ja suurin syvyys 4,5 m.

Lietealtaan tilavuus on n.  $1\,500 \text{ m}^3$ . Esisaostusaltaasta pumpataan päivittäin liete lietealtaaseen. Kemikaalina käytetään ferriklori-

dia, joka syötetään pumppaamon imualtaaseen. Annostelupumppu on kytketty jätevesipumppujen käyntiin.

Puhdistamon nykyinen kuormitus on keskimäärin  $360 \text{ m}^3/\text{d}$ . Suuri vesimäärä ja tulevan veden laimeus osoittavat, että verkkoon pääsee runsaasti vuotovesiä.

Vuonna 1976 puhdistustehot ovat olleet keskimäärin seuraavat:  
BHT<sub>7</sub> 59 %, kok.P 82 % ja kok.N 46 %.

## 2.4 Tutkimuksen suorittaminen

### 2.41 Yleistä

Tutkimus jaettiin neljään suoritusosaan

1. Kemikalointi
2. Flotaatio
3. Lietetutkimus
4. Suunnittelu- ja mitoitusohjeita.

Kemikalointitutkimuksia suoritettiin etupäässä Haapaveden kunnan, Pohjolan Maidon ja Iin lammikkopuhdistamoiden yhteydessä. Flotaation soveltuvuutta jäteveden käsittelyyn kokeiltiin Nivalan lammikkopuhdistamossa ja lietteen käsittelyyn Kempeleessä. Edellä mainittujen lammikkopuhdistamoiden toimintaa tarkkailtiin muiden kokeiden lisäksi tutkimalla tulevan ja lähtevän veden laatua suunnilleen joka toinen viikko noin vuoden ajan. Lietetutkimukseen liittyviä kenttäkokeita tehtiin etupäässä Kempeleessä. Lisäksi kerättiin velvoitetarkkailun aineistoa useista lammikkopuhdistamoista.

### 2.42 Kemikalointitutkimus

Kemikalointitutkimuksen tarkoitus oli tutkia kemikaalisaostusta yksinkertaisia ja helppohoitoisia laitteita käyttäen. Lisäksi pyrittiin selvittämään sekoituksen ja hämmennyksen järjestämistä ja

hiutaloitumista tehokkaan flokkautumisen aikaansaamiseksi sekä veden selkeytymistä. Tutkimusosassa tarkasteltiin lisäksi eri alkuaikojen, erityisesti raskasmetallien, pitoisuuksia tulevassa, kemialoidussa, selkeytetyssä ja lähtevässä vedessä.

Pohjolan Maidon meijerin jätevesien kemiallinen saostaminen suoritettiin lammikkokäsittelyn jälkeen.

Saostuskemikaalin sekoitusta jätevedeen kokeiltiin pääasiassa kahdella tavalla: kemikaali syötettiin tulopumppaamon imualtaaseen, jolloin pumpussa tapahtui voimakas sekoitus, tai annostus suoritettiin viettoviemärin kaivoon, jolloin sekoittuminen tapahtui virtauksen avulla. Eräissä tapauksissa sekoitusta pyrittiin parantamaan virtausjärjestelyjen avulla lisäämällä veden pyörteisyyttä estelevyillä.

Tutkimuksissa todettiin kuitenkin, että flokkautuminen tapahtui etupäässä viemäriputkessa, eikä missään kohteessa suoritettu erityistä hämmennystä flokin muodostamiseksi tai muuta tehostustoimenpidettä, sillä flokin muodostuminen näytti onnistuvan muutoinkin. Flokkautumisen tapahtumista seurattiin silmävaraisesti.

Laitokset oli suunniteltu ensisijaisesti Finnferrin käyttämiseksi saostukseen. Annostelu tapahtui kalvopumpulla, joka syötti kyllästettyä liuosta. Kalkin, alumiinisulfaatin, ferrosulfaatin ja polyelektrolyyttien soveltuvuutta saostukseen tutkittiin astiakokeissa.

Selkeytysaltaat oli suunniteltu tutkimuskohteissa pääasiassa täyttötyhjennysperiaatteella (ks. 2.3), joten altaita oli yleensä kaksi. Altaat oli rakennettu useimmiten maa-altaina, mutta myös betoni- ja treviraverhoiluja kokeiltiin. Altaat olivat yleensä kattamattomia, joten tutkimuksen aikana saatiin kokemuksia selkeytyksen toiminnasta kylmissä oloissa. Tällöin voitiin myös tarkkailla eri kourutyyppejen (kuten rengasmaisen ja suoran kourun) toimintaa talvioloissa. Selkeytysaltaita käytettiin myös lietteen varastointiin. Tällöin ei tarvittu jatkuvatoimisia lietteenpoistolaitteita, vaan

liete siirrettiin joko imuautolla tai siirrettävällä pumpulla. Lietteen nousemista pintaan ja sen vaikutuksia selkeytystehoon tarkkailtiin silmävaraisesti. Altaiden mitoitus oli väljä. Rinakkain toimivien (2-linjaisten) allasjärjestelyjen lisäksi saatiin kokemuksia peräkkäin toimivista altaista.

(Ronkainen 1976, Ratilainen, Seppälä 1976).

## 2.43 Flotaatio

Flotaation soveltuvuutta jätevesien käsittelyyn tutkittaessa käytettiin saostuskemikaaleina alumiinisulfaattia, ferrosulfaattia, ferrikloridia ja kalkkia. Lisäksi suolahapolla ja natriumhydroksidilla säädettiin pH:ta.

Ensimmäisessä vaiheessa pyrittiin löytämään jätevedenpuhdistukseen parhaiten soveltuvat kemikaalit ja etsimään sopivat syöttömäärät. Lisäksi tutkittiin pH:n vaikutusta puhdistustulokseen ja saostuskemikaalin kulutukseen. Myös flotaatioyksikön selkeytyskyvyn riippuvuutta kuormituksesta tutkittiin muuttamalla tulovirtaamaa portaattomasti säädettävällä pumpulla. Dispersiovetenä käytettiin puhdistettua jätevettä.

Toisessa vaiheessa kokeiltiin pyörivälapaisen hämmentimen vaikutusta kemikaalin sekoittumiseen ja flokin muodostumiseen. Hämmennintä voitiin käyttää kahdella lapanopeudella 0,6 m/s ja 0,3 m/s.

Kolmannessa jaksossa tutkittiin laitoksen toimintaa pitämällä kemikaalin syöttömäärää jatkuvasti vakiona. Kemikaalina käytettiin tällöin alumiinisulfaattia, sillä sen avulla saatiin tehokkaimmat selkeytystulokset ja paras käyttövarmuus ilmasuuttimien osalta. Tässä vaiheessa voitiin tehdä havaintoja flotaation toiminnasta kylmissä oloissa.

Flotaation soveltuvuutta lietteen käsittelyyn kokeiltiin Kempeleen lammikkopuhdistamossa samalla laitteistolla, jota käytettiin jäte-

veden puhdistukseen Nivalassa. Kempeleessä käytettiin dispersio-vetenä vesijohtovettä. Liete otettiin laitoksen ensimmäisestä saostusaltaasta (ks. 2.3), joten sen vesipitoisuus oli suuri. Laitosta kuormitettiin 100–150 m<sup>3</sup>/d. Laitosta kokeiltiin ilman apuke-mikaalia ja Finnferrin, alumiinisulfaatin, polyelektrolyytin (Praestol 2935/74) tai näiden seosten avulla. (Rantalahti 1975, Tähtelä 1976).

#### 2.44 Lietetutkimus

Lammikko-osan pohjalle kertyneen lietteen määrää mitattiin Ruukin, Kempeleen, Iin ja Kärsämäen lammikoissa. Lietekerroksen paksuuden mittauksessa käytettiin mittatikkua ja pohjakerroksenäytteenotinta. Iissä tutkittiin lietteen laatua ja otettiin näytteitä lammikon pohjasta vanhan ja uuden tuloputken suulla.

Lammikkopuhdistamoiden tehostamisen yhteydessä syntyvän lietteen laatua ja määrää on tutkittu pääasiallisesti Kempeleessä. Tämän tutkimusosan tavoitteena oli parantaa esisaostusaltaan mitoitus-ta, rakenteita, lietteenpoistoa sekä selvittää lietteen ominaisuuksia ja jatkokäsittelyä. Tuloksia käsitellään tarkemmin luvussa 2.5 "Tutkimustulokset".

Saostuksessa syntyvän lietteen määrää on tutkittu yksinkertaisilla kenttäkokeilla lähinnä laskeutukseen perustuen. Kokeet on suoritettu lieriöillä tai Imhoff-kartiassa.

Saostuksessa syntyvän lietteen laatua tutkittiin analysoimalla lie-tealtaista otettuja näytteitä laboratorioissa. Näytteistä määritet-tiin kokonaisfosfori-, kokonaistyppe- ja kaliumpitoisuus. Liette-  
n laatua tutkittiin vertailun vuoksi myös Muhoksen rinnakkaissaostus-laitoksessa, Tyrnävän kalkkisaostuslaitoksessa ja Ruukin lammikko-puhdistamossa, joka on tehostettu ferrikloridisaostuksella.

Erityisen suuri paino lietetutkimuksessa pantiin raskasmetallien pitoisuuteen. Tätä varten kerättiin näytteitä Kempeleen lammikko-



puhdistamon tulokaivosta (tuleva jätevesi), venturikanavasta (kemikaloitu jätevesi) sekä lammikko-osaan tulevasta ja siitä lähtevästä vedestä. Lisäksi otettiin näytteitä lietealtaan eri kohdista ja lietealtaasta poistetusta lietteestä (ks. 6.32). Jätevesinäytteistä määritettiin Na, Ca, Zn, Fe, Mn, Mg, Pb, Cd, Co, Al, Cr ja Mo ja lietenäytteistä K, Cu, Zn, Mn, Mg, Pb, Cd, Co ja Ni.

Lietteen laadun ja määrän lisäksi tutkittiin lietteen erottamista vedestä ja lietteen siirtämistä saostusaltaista pumppaamalla, kaivukoneella sekä loka-autolla. Lietteen käsittelymiseksi kokeiltiin laskeutustiivistämistä, flotaatiota ja suotonauhapuristinta, joka toimii siirrettävällä alustalla. Suotonauhaa kokeiltiin Muhoksen rinnakkaissaostuslaitoksessa, Tyrnävän kalkkisaostuslaitoksessa ja Kempeleen tehostetussa lammikkopuhdistamossa.

Muhoksen rinnakkaissaostuslaitoksen ylijäämäliete on sijoitettu noin kahdeksan metriä syvään kartiomaiseen tiivistyssäiliöön.

Suotonauhapuristimen toimintaa tutkittiin määrittämällä erotusaste, hyljintäveden laatu ja lietteen kuiva-ainepitoisuus. Samalla seurattiin apukemikaalien käyttöä.

Omana kohtanaan tässä tutkimusosassa selvitettiin lammikon pohjalle kertyvän lietteen määrän ja laadun ohella sen poistamismahdollisuuksia, jolloin fosforin liukeneminen takaisin vähenisi. Lietteen poistamiseen käytettiin kokeiluissa kalvopumppua, joka kehitettiin tämän tutkimuksen yhteydessä lietteen siirtoa varten. Kalvopumpun tuottoa voitiin säätää muuttamalla kalvoa liikuttavan varren pituutta. Liitteessä 6 on esitetty tämän kalvopumpun toimintaperiaate. Sitä kokeiltiin Kempeleen lammikkopuhdistamossa. Pumpun kehittämisessä kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että lietettä voitaisiin poistaa mahdollisimman tasaisesti ja jatkuvasti, jotta liete ei sekoittuisi takaisin jäteveeseen.

Liitteestä 7 nähdään pumpun asennusjärjestelyt lietettä poistettaessa. Liitteessä 8 on esitetty yleispiirros lietteenpoiston jär-

jestämisestä Kempeleessä. Pumppu asennettiin ponttonien päälle rakennetulle lautalle, jota liikutettiin vaijereiden avulla.  
(Rönkkömäki, Seppälä 1976)

## 2.5 Tutkimustulokset

### 2.51 Kemikalointitutkimus

#### Ennen tutkimusta tehostetut lammikot

Oulun vesipiirin alueella on tehostettu kemiallisen saostuksen avulla ennen tämän tutkimuksen aloittamista Ruukin (1972), Kempeleen (1973) ja Limingan (1974) lammikoita. Näillä lammikoilla on saavutettu seuraavia taulukossa 1 esitettyjä keskimääräisiä puhdistustuloksia vuosilta 1974–76.

Taulukko 1. Kempeleen, Limingan ja Ruukin tehostettujen lammikoiden puhdistustuloksia v. 1974–76.

	Ruukki	Kempele	Liminka
Tuleva jätevesi			
BHT <sub>7</sub> (mg/l)	97,5	224	277
P (mg/l)	8,1	12,5	7,5
N (mg/l)	33,3	54,6	29
Käsitelty jätevesi			
BHT <sub>7</sub> (mg/l)	12,8	50	44
P (mg/l)	0,5	1,7	1,3
N (mg/l)	10,2	38	16,6
Vähennetty			
BHT <sub>7</sub> %	87	77	84
P %	94	86	83
N %	69	30	42

#### Haapaveden ja Iin tehostetut lammikot

Iissä on kerätty esisaostusaltaaseen tulevasta ja lähtevästä jäte-

vedestä kokoomanäytteet sekä lammikosta lähtevästä kiertänäytteet. Pohjolan Maidon lammikolla jälkisaostusaltaista lähtevästä jätevedestä on otettu sekä kerta- että kokoomanäytteitä, mikä johtuu siitä, että jälkisaostusaltaat toimivat panoksittain. Tutkimustulokset on esitetty yksityiskohtaisesti tutkimusosa 1:n raportissa.

(Ronkainen 1976, Ratilainen, Seppälä 1976)

Koelaitokset eivät ole toimineet kaikkien parametrien suhteen oletetulla tavalla. Syynä tähän on se, että tutkimukset aloitettiin välittömästi rakentamisen jälkeen, jolloin esiintyi erilaisia etukäteen arvaamattomia häiriöitä. Häiriöitä on yksityiskohtaisesti selostettu tutkimusosassa 1. Iissä ja Haapavedellä päästiin keskimäärin seuraaviin tuloksiin, kun otetaan huomioon häiriöttömät näytteenottokerrat (taulukko 2).

Taulukko 2. Iin ja Haapaveden tehostetuilla lammikoilla tutkimuksen aikana saavutetut keskimääräiset puhdistustulokset.

Esisaostusaltaasta lähtevä				Lammikosta lähtevä			
BHT <sub>7</sub>		Kok.P		BHT <sub>7</sub>		Kok.P	
mg/l	Vähene- mä %	mg/l	Vähene- mä %	mg/l	Kok.vä- henemä %	mg/l	Kok.vä- henemä %
50-80	50-65	0,5-1,5	70-90	20-50	65-80	1,0-2,5	60-80

Kok.N, KHT ja kiintoainevähennemät ovat olleet vastaavasti 20-30 %, 60-70 % ja 80-90 %.

Liitteessä 10 on esitetty Iin, Haapaveden, Kempeleen ja Limingan tehostettujen lammikoiden puhdistustuloksia touko-lokakuussa sekä marras-huhtikuussa. Taulukon arvoista havaitaan, että puhdistamojen kesä- ja talviaikaisessa toiminnassa ei ole mainittavia eroja.

Tutkimusten mukaan purkuvesistöön menevässä jätevedessä lisääntyvät Finnferriä käytettäessä seuraavien metallien pitoisuudet: Fe,

Mn, K ja Na.

### Pohjolan Maidon tehostettu lammikko

Osuuskunta Pohjolan Maidon tuleva jätevesi on väkevää (BHT<sub>7</sub> 2000–5000 mg O<sub>2</sub>/l, kok.P 20–40 mg P/l). Syöttämällä jäteveteen Finnferriä ja polyelektrolyyttejä on päästy seuraaviin taulukossa 3 oleviin arvoihin lähtevän jäteveden osalta.

Taulukko 3. Osuuskunta Pohjolan Maidon lähtevän jäteveden pitoisuudet sekä vähenemät jälkisaostusaltaassa.

Lähtevä jätevesi				
BHT <sub>7</sub>		Kok.P		KHT
mg/l	Vähenemä %	mg/l	Vähenemä %	Vähenemä %
80–120	60–80	2–3	70–90	50–70

Asumajäteveden metallipitoisuuksiin verrattuna on suurin ero meijerijäteveden korkea natriumpitoisuus. Purkuvesistöön poistuvan veden rautapitoisuus on korkea, 18 mg Fe/l. Jälkisaostuksessa tapahtuu vähenemistä ainoastaan kuparin ja lyijyn suhteen. (Ronkainen 1976, Ratilainen, Seppälä 1976)

## 2.52 Lietetutkimus

### Lammikko-osa

Lammikko-osan pohjalle kertyneen lietteen laatua ja määrää tutkittiin Iissä. Tuloksia on esitetty seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 4.

Lammikon alkuosassa (vanhan purkuputken suu) pohjalietteen kuiva-ainepitoisuus on suurempi kuin lammikon loppupäässä. Suomessa tutkittujen lietteiden ravinnepitoisuudet ovat keskimäärin olleet:

kok.P 30–40 mg/g, kok.N 23–29 mg/g. Iin lammikon lietteen typpipitoisuus vastaa siten hyvin maan keskiarvoa. Sen sijaan fosforin osalta voidaan todeta, että lammikko on ollut heikko fosforin piddättäjä.

Taulukko 4. Iin lammikon pohjalietetutkimuksen keskimääräisiä tuloksia.

	Vanhan purkuputken suu	Uuden purkuputken suu
Lietekerroksen paksuus	50 cm	20 cm
Kuiva-aine	267 mg/g	109 mg/g
Kok.N	26,9 "	26,0 "
Kok.P	1,3 "	2,7

Tehtyjen havaintojen perusteella on nähtävissä, että tavallisen lammikon toiminta heikkenee BHT:n ja fosforin suhteen varsin nopeasti riippuen lammikon pinta-alasta. Mikäli kuitenkin asianmukaisesti suunniteltu lammikko tehostetaan noin viiden vuoden kuluessa sen käyttöönotosta, ei lammikon pohjalle kertynyt liete haittaa puhdistustulosta kuin ehkä yhden vuoden ajan tehostamisen jälkeen.

#### Kemiallinen liete

Syntyviä lietemääriä selvitettiin yksinkertaisilla kenttäkokeilla. Kenttäkokeet ovat olleet lähinnä laskeutuskokeita, joissa laskeutusastioina on käytetty sekä lieriötä että Imhoff-kartiota. Laskeutuskokeissa astian pohjalle laskeutuneen lietteen kuiva-ainepitoisuus on ollut n. 0,7 %. Tällä perusteella on laskettu Kempeleessä, Haapavedellä ja Iissä lietettä syntyvän seuraavasti (taulukko 5 seuraavalla sivulla).

Taulukosta 5 havaitaan, että Kempeleen, Haapaveden ja Iin lammikoiden lietemäärät sekä kuiva-ainepitoisuudet jätevesikuutiometriä kohti ovat likimain samansuuruisia. Sakokaivojen merkitys tulee Haapavedellä lievästi esille. Iissä asukasta kohti laskettu liete-

määrä on pienin, vaikka jätevesi on laadultaan kaikissa mainituissa kunnissa normaalia asumajätevettä.

Taulukko 5. Lietemäärät kesällä 1975 suoritettujen tutkimusten mukaan Kempeleen, Haapaveden ja Iin tehostetuilla lammikoilla.

	Lietemäärä				Ka-pitoisuus %
	g/m <sup>3</sup>	g/as/d	l/as/d	m <sup>3</sup> /d	
Kempele	350	90	12,5-5	50-20	0,7-2
- ei sakokaivoja					
Haapavesi	320	100	15 -5	36-12	0,7-2
- on sakokaivot					
Ii	350	70	10 -3	15-5	0,7-2
- ei sakokaivoja					

Lietteen ravinnepitoisuudet Kempeleessä on määritetty lietealtaasta poistetusta lietteestä otetuista näytteistä. Määritetyt ravinteet ovat olleet typpi, fosfori ja kalium (taulukko 6).

Taulukko 6. Lietteen ravinnepitoisuuksia Finnferri-lietteessä Kempeleessä.

Lietealtaasta poistettu liete	Kok.P	Kok.N	K
	mg/gTS	mg/gTS	mg/gTS
keskiarvo	26,2	18,4	1,2
ja vaihtelurajat	23,5-28,9	16,7-20,5	0,91-1,80

Vertailun saamiseksi otettiin näytteet myös Muhoksen (simultaanisäostus, ferrosulfaatti), Tyrnävän (suora kemiallinen säostus) ja Ruukin (tehostettu lammikko, Finnferri) jäteveden puhdistamoista (taulukko 7 seuraavalla sivulla). Lisäksi taulukkoon on otettu mukaan lietteiden ravinnepitoisuuksien keskiarvot Suomessa.

Taulukko 7. Muhoksen, Tyrnävän ja Ruukin jätevesilietteiden ravinnepitoisuudet kesällä 1976 sekä vastaavat suomalaiset keskiarvot.

Laitos	Kemikaali	Kok.P mg/gTS	Kok.N mg/gTS	K mg/gTS
Muhos	FeSO <sub>4</sub>	33,1	24,1	1,6
Tyrnävä	CaOH	25,3	12,1	0,50
Ruukki	FeCl <sub>3</sub>	31,6	18,7	-
Suomen (VY-tutk.21)	k-arvo	30-40	23-29	1-4

Tuloksista havaitaan, että aktiivilietelaitos sitoo ravinteita lietteeseen kaikkein parhaiten. Kalkkilietteessä näyttävät tyypin ja kaliumin pitoisuudet olevan muita pienemmät. Koko Suomen keskiarvoihin verrattaessa havaitaan, että kaikki edellä olevat lietteen ravinnepitoisuudet ovat lähellä vaihtelujen alarajaa.

Tutkimusten perusteella lietteeseen saostuvat metalleista parhaiten Fe, Cu ja Pb.

(Toivainen 1976)

Lietteen laadun selvittelyssä on tutkittu myös metalleja. Tulokset on koottu taulukkoon 8. Eri aineiden pitoisuuksien perusteella on laskettu aineiden kokonaismäärät vuorokaudessa seuraavien lähtötietojen pohjalta:

- puhdistamolle tuleva jätevesimäärä 1000 m<sup>3</sup>/d
- kemikaalin kulutus 120 g/m<sup>3</sup> (100 %) eli n. 220 l/d
- syntyvä lietemäärä 350 kgTS/d.

Taulukko 8. Lietteen eri alkuaineiden pitoisuudet sekä niiden perusteella lasketut lietteen sisältämät vuorokautiset määrät käytettäessä kemikaalina Finnferriä.

Aine	Liete			
	keskiarvo mg/gTS	vaiht.rajat mg/gTS	keskiarvo mg/m <sup>3</sup>	vaiht.rajat mg/m <sup>3</sup>
K	1,47	0,09–2,4	515	311–840
Cu	0,086	0,010–0,160	30	3,5–56
Zn	0,249	0,036–0,420	87	12,6–147
Fe	71,2	12,0 –125	24 900	4 200–43 800
Mn	0,176	0,130–0,230	61,6	45,5–80,5
Mg	2,61	1,7 –3,7	913	595– 1 290
Pb	0,037	0,009–0,066	13	3,1–23
Cd	0,0018	0,005–0,041	0,6	0,17– 1,4
Co	0,016	0,002–0,040	5,6	3,5 –14
Ni	0,016	0,010–0,020	5,6	3,5 – 7

#### Suotonauhapuristinkokeilut

Syksyllä 1975 oli koekäytössä Oy Slamex Ab:n siirrettävä suotonauhapuristin. Puristinta kokeiltiin Muhoksella (simultaanisäostus, ferrosultaatti), Tyrnävällä (kalkkisaostus) ja Kempeleessä (tehostettu lammikko, Finnferri). Tarkoituksena oli kokeilla laitteen soveltuvuutta erilaisille lietteille eri puhdistamoiden yhteistä lietteenkäsittelyä silmällä pitäen. Tiivistelmä tuloksista on seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 9.



Taulukko 9. Tiivistelmä suotonauhapuristinkokeilusta.

	Muhos 1.10.75	Muhos 2.10.75	Tyrnävä 3.10.75	Kempele 7.10.75	Kempele 8.10.75
Kemikaali	Praest. 434	Praest. 444 K	Praest. 423	Praest. 423	Praest. 423
- väkevyys %	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
- kulutus g/m <sup>3</sup>	570	550	130	33	78
- kulutus kg/tTS	4,6	4,9	1,6	1,3	7,8
Tuleva liete					
- TS %	12,3	11,2	8,1	2,5	1,0
- hehk.j. %	7,0	6,3	4,3	1,1	0,4
- kok.N mg/gTS	25,3	25,6	13,1	21,5	19,6
- kok.P "	37,5	39,3	25,3	17,9	12,0
- kapasit.m <sup>3</sup> /h	1,7	1,5	3,6	4,5	3,6
Hyljintävesi					
- TS %	0,60	0,59	0,16	0,24	-
- kiintoaines %	0,20	0,50	0,087	0,088	0,061
- $\gamma_{25}$ mS/m	127	149	127	221	235
- pH	6,5	6,8	8,7	6,2	7,2
- KHT mg/l	430	867	78,0	344,0	327,5
- BHT <sub>7</sub> mg/l	896	1360	-	1168	-
- kok.N "	165,2	230,3	40,7	38,9	39,8
- kok.P "	55,8	152,3	27,8	17,4	13,3
- Fe "	125,7	157,5	54,7	274,0	182,5
Lietekakku					
- TS %	25,0	25,5	24,7	32,8	32,4
- hehk.j. %	14,4	14,4	14,9	11,0	12,1
- kok.N mg/gTS	23,9	27,2	14,3	21,1	19,6
- kok.P "	37,6	39,6	26,0	8,7	18,4
Erotusaste %					
- TS	97,5	96,9	98,7	91,0	-

Kokeilussa havaittiin, että suotonauhapuristimella saavutetaan riittävä kuiva-ainepitoisuus lietteen jatkokäsittelyä silmälläpitäen. Lietteiden laadulla havaittiin olevan kuitenkin huomattava vaikutus kemikaalin kulutukseen ja suotonauhapuristimen tehoon. Vanha liete (Muhos) kuluttaa tuoreeseen lietteeseen verrattuna moninkertaisen määrän polyelektrolyyttiä, mikä puolestaan vaikuttaa huomattavasti kustannuksiin.

Tehostettujen lammikoiden kemiallisen lietteiden kuivauksessa päästiin erittäin hyviin tuloksiin kuiva-ainepitoisuuden suhteen. Lietteiden saannissa ja sen laadun pitämisessä tasaisena oli kuitenkin vaikeuksia. Tämän vuoksi olisikin aiheellista rakentaa tehostettujen lammikoiden yhteyteen hyvät lietetilat, jos lietteiden kuivausmenetelmäksi valitaan suotonauhapuristin. Hyvä ratkaisu olisi ilmeisesti betoninen kartiomainen lietteiden tiivistäminen, josta liete poistettaisiin tarpeeksi usein sen vanhenemisen estämiseksi.

#### Kalvopumppu-kokeilut

Luvussa 2.44 mainitulla kalvopumpulla saatiin Kempeleessä seuraavia tuloksia.

Pumpun toiminta	Lietteiden kiintoainepitoisuus, kg/m <sup>3</sup>
Pumppu toimi hyvin	10
Liete sopivasti juoksevaa pumpun kannalta	30
Liete kulki vielä putkistossa hyvin	50
Paksumpi liete ei enää juoksisi putkistossa	95

Pumpun toiminnan kannalta paras lietteiden kiintoainepitoisuus oli n. 30 kg/m<sup>3</sup>. Esim. Kempeleessä lammikon pohjalla olevan lietteiden kiintoainepitoisuus on n. 30 kg/m<sup>3</sup>. Tällä kiintoainepitoisuudella pumpun teho on n. 1 l/s eli 3,6 m<sup>3</sup>/h. Tällaisen lietteiden kuiva-ainepitoisuus vaihtelee välillä 3–6 %.

Kokeiltavana ollut kalvopumppu soveltuu esisaostusaltaan pohjalle kerääntyneen lietteen poistoon. Tällöin voidaan pumpata suhteellisen tiivistä lietettä prosessista jatkokäsittelyyn ja vain sen verran kuin sitä kerääntyy altaan pohjalle. Mikäli lietemäärä on pienempi kuin esim. Kempeleessä, voidaan pumpun iskupituutta pienentää todellista lietemäärää vastaavaksi.

Sen sijaan kalvopumpulla tehdyt kokeilut laajan lammikon pohjalle kertyneen lietteen poistamisesta eivät liene kannattavia seuraavista syistä:

- pumpun teho on liian pieni
- lautan siirtely on vaikeaa
- pumpun imuputki on pieni, joten puhdistaminen on suuritöistä.

Oulun vesipiirin alueen tehostetuista lammikoista ainoastaan Iissä on lietekerroksen paksuus niin suuri, että sen voidaan katsoa häiritsevän puhdistustulosta.

(Toivainen 1976, Rönkkömäki & Seppälä 1976)

## 2.6 Kustannuksista

Tässä esityksessä kustannukset jaetaan käyttökustannuksiin ja rakennuskustannuksiin.

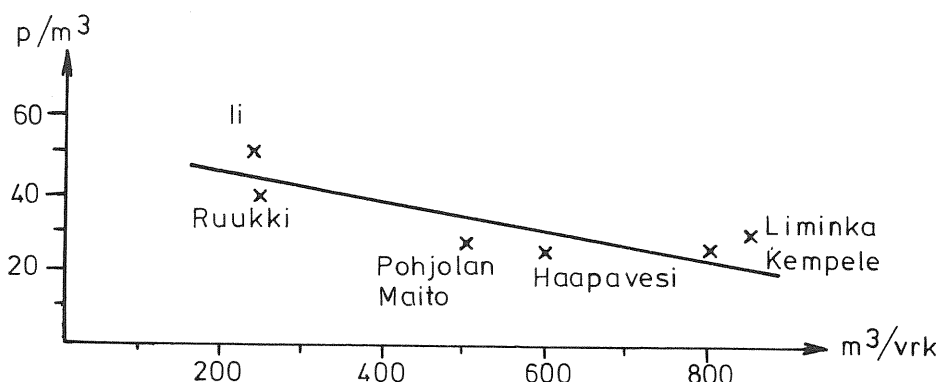
Käyttökustannukset on ryhmitelty seuraavasti:

- sähköenergia
- kemikaalikustannukset
- hoitokustannukset (hoitajan palkka ja muut hoidosta aiheutuvat kustannukset)
- kunnossapitokustannukset (huolto- ja korjaustyöt)
- lietteen poisto (kuljetus- ja käsittelykustannukset)
- muut kustannukset (esim. tarkkailu).

Kustannuslaskelmat perustuvat vuosien 1975-76 tietoihin. Ne on laskettu puhdistamolle tulevaa jätevesikuutiometriä kohti. On huomattava, että pelkkää taloudessa käytettyä vesikuutiometriä kohti

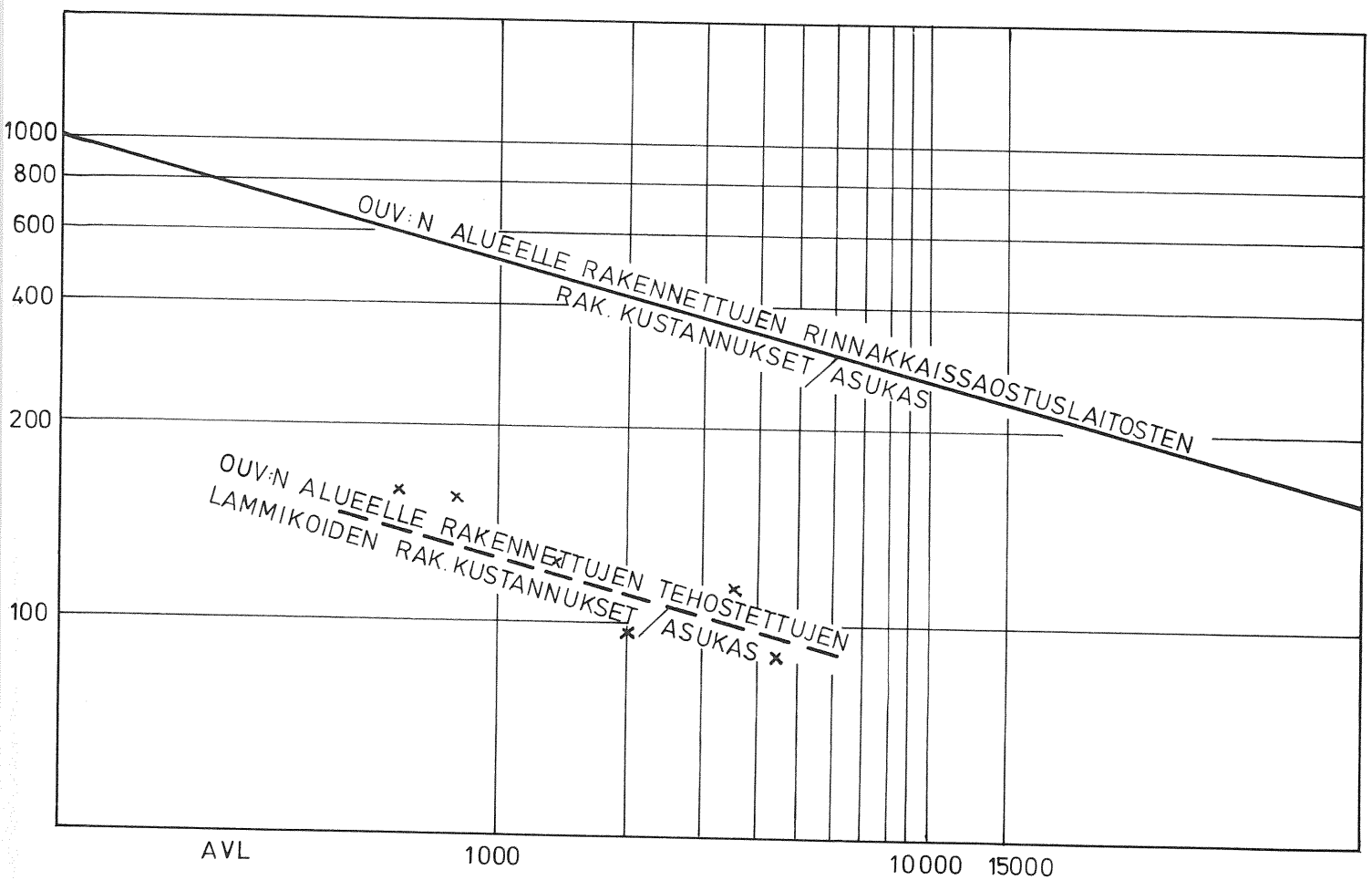
kustannukset ovat vuotovesien määrää vastaavasti suuremmat.

Laitoskohtaisten tulosten mukaan käyttökustannukset olivat n. 30–45 p/jätevesikuutiometri. Kemikaalikustannusten osuus laitoksilla oli keskimäärin 17–19 p/m<sup>3</sup>. Käyttökustannuksista kemikaalikustannusten osuus on 50–60 %, hoitokustannusten 20–30 %; muiden kustannusten osuus vaihtelee välillä 10–30 %. Käyttökustannusten riippuvuutta jätevesimäärästä tutkimuksen kohteena olleissa lammikopuhdistamoissa on esitetty graafisesti kuvassa 2.



Kuva 2. Käyttökustannusten riippuvuus jätevesimäärästä (1976).

Kuvassa 3 on esitetty Oulun vesipiirin alueella rakennettujen rinnakkaissaostuslaitosten ja tehostettujen lammikoiden rakennuskustannukset asukasta kohti. Rakennuskustannukset on korjattu rakennusindeksin avulla 30.6.1976 vallinneen tilanteen mukaiseksi. Tehostettujen lammikoiden rakennuskustannuksissa on otettu huomioon mahdollisesti puuttuvat hoitotila- ja välinekustannukset (Ratilainen, Seppälä 1976).



Kuva 3. Oulun vesipiirin alueelle rakennettujen puhdistamoiden rakennuskustannukset asukasta kohti 30.6.1976 vallinneen hintatason mukaisina.

Lietteenkäsittelyn eri vaihtoehtoista voidaan esittää seuraava teknis-taloudellinen vertailu.

Yleensä Pohjois-Suomessa kaikilla puhdistamoilla on lietteenkäsittely asianmukaisesti ratkaisematta. Esimerkkipaikkakunnaksi kustannusvertailuun valittiin Kempele, jossa kokeiltiin Oy Slamex Ab:n suotonauhapuristinta. Seuraavassa onkin tutkittu eri lietteenkäsittelyvaihtoehtoja Kempeleessä kustannusten perusteella. Kustannukset ovat vuoden 1975 hintatasoa. Vaihtoehtoina ovat olleet

- a) Yhteiskäsittely  $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$  -tehoisella suotonauhapuristimella muiden laitosten kanssa (kokeilulaitos).
- b) Raakalietteen ajo kaatopaikalle, etäisyys n. 20 km.
- c) Oma lietteenkäsittely  $2,4 \text{ m}^3/\text{h}$  -tehoisella suotonauhapuristimella.
- d) Yhteiskäsittely  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  -tehoisella suotonauhapuristimella.

#### Kustannuslaskelmat

- a) Yhteiskäsittely  $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$  -tehoisella suotonauhapuristimella.

Vuotuinen käyttöaika Kempeleessä	600 h
Kempeleen kustannusosuus	66 000 mk/a
- " -	110 mk/käyttö-h
Käyttökustannukset	40 000 mk/a
- " -	67 mk/käyttö-h

Tulevaa jätevesikuutiota kohti kokonaiskustannukset olivat n.  $18 \text{ p/m}^3$  ja käyttökustannukset n.  $11 \text{ p/m}^3$ .

- b) Raakalietteen ajo kaatopaikalle.

Ajokustannukset 45 000 mk/a eli  $11 \text{ p/jätevesi-m}^3$ .

Kustannuksissa ei ole otettu huomioon kaatopaikka- yms. kustannuksia.

- c) Oma lietteenkäsittely  $2,4 \text{ m}^3/\text{h}$  -tehoisella suotonauhapuristimella.

Hankinta katteineen	180 000 mk
Vuotuiskustannukset	46 800 mk/a
- " -	$13 \text{ p/jätevesi-m}^3$
Käyttökustannukset	29 000 mk/a
- " -	$8 \text{ p/jätevesi-m}^3$
Kustannukset käyttötuntia kohti	60 mk/h

d) Yhteiskäsittely  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  -tehoisella suotonauhapuristimella (suurin siirrettävä).

Vuotuiskustannukset	182 800 mk/a
- " -	73 mk/h
- " -	10 p/jätevesi- $\text{m}^3$
Käyttökustannukset	110 000 mk/a
- " -	6 p/jätevesi- $\text{m}^3$

Vertailusta voidaan todeta, että oman lietteenkäsittelylaitteen edullisuus paranee laitoksen koon kasvaessa. Taloudellisuusraja asettunee asukasmäärän 5 000 kohdalle. Yhteiskäsittelyyn kannattanee hankkia suurin siirrettävä suotonauhapuristin ( $15/35$  teho  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Tällöin voitaisiin käsitellä 4–5 Kempeleen kokoisen taajaman lietteet, edellyttäen että etäisyydet ovat kohtuulliset. Oulun vesipiirin alueella lieteongelmat lienevät ratkaistavissa siten, että muodostetaan 2–3 yhteistyöaluetta. Kuitenkin on huomattava, ettei taloudellisuutta voida pitää yksinomaisena perusteena. Yhteistyön alkuun saamisessa ja järjestämisessä saattaa esiintyä vaikeuksia.

Liete on taloudellisinta poistaa sen ollessa mahdollisimman tuoretta. Oulun vesipiirin alueen tehostettujen lammikoiden lietealtaat olisi muotoiltava siten, että liete olisi nykyistä helpommin poistettavissa.

Edellä olevissa kustannusvertailuissa ei ole mukana käsitellyn lietteen sijoittamisesta aiheutuneita kustannuksia. Mikäli hyötykäyttönäkökohdat otetaan huomioon, tulee Kempeleen osalta taloudellisimmaksi ratkaisuksi lietteen stabilointi kalkilla, varastointi ja kuljetus maanparannusaineeksi.

## 2.7 Tutkimuksen arviointia

Tutkimus on osoittanut, että tavallisten lammikkopuhdistamoiden toimintaa voidaan tehostaa yksinkertaisten ja halpojen toimenpi-

teiden avulla. Lisäksi on voitu osoittaa, että asianmukaisesti mitoitetut ja hoidetut lammikkopuhdistamot ovat verrattavissa puhdistusteholtaan ja -ominaisuuksiltaan tavanomaiseen kemiallis-biologiseen puhdistamoon, esimerkiksi esisaostuslaitokseen. Puhdistusteho on ollut BHT:n suhteen 65–80 % ja fosforin 70–90 %; jäännöspitoisuudet ovat vastaavasti olleet 20–50 mg/l ja 0,5–1,5 mg/l. Typpi-vähenemät ovat olleet keskimäärin n. 30 %. Kemikaalisyötöllä tehostetut lammikot toimivat hyvin myös talvella.

Useissa tapauksissa kemiallisesti tehostettu lammikko tarjoaa edullisen vaihtoehdon vesiensuojelun ja jätevesien käsittelyn vaihteellaiselle toteuttamiselle. Kemiallinen saostus toimii myös yksinkertaisissa laitoksissa, joissa ei ole järjestetty esimerkiksi hämmennimillä varustettua sekoitusta ja hiutaloitusta, ja melko vähällä hoidolla. Pitkän viipymän johdosta lammikkopuhdistamot eivät ole tulevan jäteveden laadun vaihteluille niin herkkiä kuin lyhytviipymäiset puhdistamot.

Kemikaalisyötöllä tehostetun lammikon rakentamiskustannukset ovat pienet, mutta kemikaalit ja lietteen käsittely nostavat käyttökustannukset suunnilleen yhtä korkeiksi kuin rinnakkaissaostuslaitoksissa.

## 2.8 Jatkotutkimukset

Kemikaalit ja lietteen muodostuminen aiheuttavat, että kemikaalisyötöllä tehostettujen lammikkopuhdistamojen käyttökustannukset ovat korkeat. Tästä syystä lietteenkäsittelyn kehittämiseen pitäisi kiinnittää edelleen vakavaa huomiota ja samoin tulisi tutkia kemikaalin käytön optimointia.

Suoritetuissa tutkimuksissa on käytetty saostuskemikaalina pääasiassa ferrikloridia, jonka on todettu sisältävän pääkemikaalin ohella monia sivuaineita. Ne siirtyvät poistettavaan lietteeseen tai kulkeutuvat vesistöön. Jatkotutkimuksissa olisi ehdottomasti selvitettävä saostuskemikaalin todelliset vaikutukset purkuvesis-



tössä ja niillä maa-alueilla, joihin liete lopullisesti sijoitetaan. Myös muiden kemikaalien soveltuvuudesta ja saaduista kokemuksista lammikkopuhdistamoiden tehostamiseen olisi tehtävä vastaava tutkimus.

Tämä tutkimus ei sisältänyt lammikon toiminnan tehostamista ilmastuksen ja kierrätyksen avulla, joista on saatu hyviä kokemuksia muissa maissa vastaavissa ilmasto-oloissa. Lietteen muodostuminen on niissä vähäistä; kemikaalikustannuksia ja niiden mahdollisia haitallisia ympäristövaikutuksia ei ole. Vaikka lammikoiden ilmastuksesta saadut kokemukset ovat olleet meillä huonoja, olisi niitä vielä edellä mainituista syistä tutkittava. Samoin olisi selvitettävä lammikkopuhdistamon toiminnan parantamista vedenpinnan säätelyn avulla. Myös tässä puhdistustutkimuksessa päähuomion kohteena oli puhdistamoon ja sen eri osiin tulevan ja sieltä lähtevän jäteveden laatu ja määrä. Puhdistamon altaissa tapahtuvia varsinaisia fysikaalisia, biologisia ja kemiallisia puhdistusprosesseja ja niiden häiriötilojen syitä ei selvitetty läheskään riittävästi. Tulevissa tutkimuksissa tulevan ja lähtevän jäteveden laatua olisi tutkittava esim. vuorokauden kokoomanäytteiden ja lisäksi myös osanäytteiden perusteella. Tämän lisäksi eri altaissa olisi tutkittava lämpötila,  $O_2$ -pitoisuudet ja pH-arvot eri syvyyksillä, eri vuorokauden ja vuoden aikoina. Kokonaisfosforin ja -typen ohella olisi määritettävä myös näiden eri muodot samoin kuin raskaat metallit ja muut sivuaineet tulevassa ja lähtevässä jätevedessä, kemikaaleissa ja lietteessä.

## 2.9 Mitoitus- ja toteutusohjeita

### 2.91 Yleistä

Seuraavassa esitettävät ohjearvot ja ratkaisuehdotukset perustuvat tästä tutkimuksesta ja aiemmin toteutetuista tehostetuista lammi-koista saatuihin kokemuksiin. Ohjeet ja ehdotukset koskevat vain tehostusmenetelmää, jossa tulevaan jäteveteen lisätään ferriklordia (Finnferri).

Pääpaino on niissä tekijöissä, jotka eniten vaikuttavat puhdistustulokseen: kemikaalin annostelu ja flokkautus, lietteen laskeutuminen ja lietteen poisto.

## 2.92 Mitoituksen lähtöarvot

Lähtötiedoiksi on kerättävä mahdollisimman tarkoin olemassa olevan viemäriverkon kunto, viemäroittävän veden laatu, määrä ja niiden vaihtelut. Pitkäaikaiset havaintotulokset auttavat ainakin vuoto-vesien määrän kartoittamisessa.

Tärkeitä lähtötietoja ovat lisäksi laitokselle asetetut puhdistusvaatimukset, vastaanottavan vesistön kuormituskestävyys ja taloudelliset resurssit. Näiden pohjalta voidaan alustavasti hahmotella laitoksen teknisiä vaihtoehtoja.

Vesimääräennusteita kannattanee laatia ainakin kolme: suurin ennuste, pienin ennuste ja todennäköisin vesimäärä mitoitusvuonna.

## 2.93 Kemikaalin annostus- ja flokkautusohjeita

Tässä tutkimuksessa saostuskemikaalina on käytetty yksinomaan Finnferriä, jonka syöttö liuosmaisena on ollut helppoa ja syöttöjärjestelyn alkuinvestoinnit ovat olleet alhaiset. Hintasuhteen muuttuessa vaihtoehtoisena saostuskemikaalina voidaan käyttää alumiinisulfaattia. Ajateltaessa lietteen hyötykäyttöä olisi tulevaisuudessa kuitenkin pyrittävä käyttämään saostuskemikaalina kalkkia tai kalkin ja ferrosulfaatin seosta.

Kemikaalin annostukselle ei voida antaa tarkkoja ohjeita, koska määrä on riippuvainen jäteveden laadusta. Finnferriä syötettäessä kemikaalin syöttömäärä on vaihdellut 100–200 g ferrikloridia/m<sup>3</sup> ja flokkautuminen on tapahtunut happamalla puolella. Kemikaalin optimimäärän löytämiseksi voidaan asiaa selvittää astia- ja laboratoriokein. Jäteveden jäännösfosforin riippuvuutta kemikaalin määrästä kuvanee seuraava Iin jätevedelle tehty koesarja.

Määrä FeCl <sub>3</sub> g/m <sup>3</sup>	Jäännös kok.P mg/l	pH
130	2,0	6,7
200	0,55	6,0
270	0,43	5,0
340	0,63	3,2

Kuitenkin kemikaalin optimimäärä on aina haettava laitospohtaises-ti.

Käytettäessä muita kemikaaleja voidaan annostuksen suhteen noudat-taa kemialliselle selkeytykselle annettuja annostusohjeita.

Kemikaalipumpun toiminta on kytkettävä jätevesipumppujen käyntiin. Vaihtoehtoisesti annostus voidaan ohjata virtaamamittarin avulla. Tällöin kemikaali saadaan annostelluksi jätevesivirtaaman suhteen. Yleensä kemikaalin syöttö on ohjattu lähelle pumppujen imuaukkoja. Tästä on kuitenkin aiheutunut korroosiota pumpuissa. Tämän vuoksi syöttökohtana voi olla pumppaamon ja esisaostusaltan välissä ole-va jakokaivo (ks. Haapavesi). Kaivossa kemikaali johdetaan sellai-seen kohtaan, jossa on riittävä turbulenttinen virtaus sekoittumi-sen varmistamiseksi. Sekoittumista voidaan tarvittaessa tehostaa rakentamalla kaivoon väliesteitä. Voidaankin todeta, että laskeutu-va flokki saadaan syntymään varsin yksinkertaisin toimenpitein, kun kemikaalin annostelu jätevedeen on jatkuvasti riittävää. Liitteessä 9 on esitetty kemikaalisyöttöjärjestelystä periaatteellinen kuva tarvittavine laitteineen (esittää liuossyöttöä). Myös kuivasyöt-tölaitteita voidaan käyttää. Tällöin on kuitenkin kiinnitettävä huomiota kemikaalin ja jäteveden riittävään sekoitukseen.

## 2.94 Selkeytys ja lietteenpoisto

Esisaostusaltan on täytettävä hyvän puhdistuksen takaamiseksi seu-raavat kaksi vaatimusta:

- syntynyt flokki on saatava kokonaisuudessaan laskeutumaan ehjänä

altaan pohjalle

- altaan pohjalle kertynyt liete on voitava poistaa prosessista mahdollisimman vaivattomasti jatkokäsittelyyn.

Esisaostusallas tulisi mitoittaa ja rakentaa siten, että liete pädättyy siihen mahdollisimman tarkoin. Tällöin liete voidaan siitä poistaa kiinteällä pumpulla, ilman että pumppua tarvitsisi siirrellä. Pumpun siirtely aiheuttaa myös häiriöpäästöjä lammikkoosaan. Liete tulisi saada laskeutumaan mahdollisimman keskitetysti esisaostusaltaan pohjalle. Vaatimus tulisi täytetyksi, mikäli esisaostusallas olisi jyrkkäluiskainen ja kartionmuotoinen. Tarkoitukseen soveltuisi ehkä parhaiten betonirakenteinen pystyselkeytin. Tällöin liete tulisi poistaa altaasta riittävän usein.

Lyhyttä lietteenpoistoväliä käytettäessä mitoitetetaan selkeytysallas noudattaen jäteveden kemiallisessa käsittelyssä yleisesti käytössä olevia periaatteita. Varsinainen mitoitus on syytä suorittaa väljästi. Jos liete poistetaan päivittäin, pintakuormaksi riittää 0,5–0,7 m/h. Esisaostusaltaisiin on rakennettava poistokouruja, ettei sallittu reunakuorma-arvo ylity.

Esisaostusaltaasta poistetun lietteen minimikäsittelyvaatimuksena tulisi olla stabilointi ja asianmukainen sakeuttaminen. Sakeuttamon tilavuus tulisi mitoittaa tyhjennysvälit huomioon ottaen. Sakeuttamosta tulisi järjestää lieteveden palautus esisaostusaltaseen. Niin ikään sakeuttamo tulisi suojata ulkopuolisilta sade-, valuma- ym. vesiltä. Sakeuttamosta liete tulisi ajaa joko hyötykäyttöön tai säiliövarastoon.

Mikäli liete poistetaan harvoin (1–4 kk:n) välein, on selkeytysaltaat mitoitetettava lietteen vaatiman varastotilan perusteella. Selkeytysallas on mitoitetettava niin, että juuri ennen lietteen poistamista olosuhteet altaassa vielä ovat sellaiset, että aikaansaatu flokki voi laskeutua siihen. Käytännössä tällä tavoin suoritettu mitoitus on johtanut pintakuorman teoreettisiin arvoihin

0,03-0,05 m/h, mikä ei siis kuitenkaan ole mitoituksen lähtökohtana. Lietteen poistoväliä määrättäessä on syytä ottaa huomioon, että kovin pitkä poistoväli voi aiheuttaa etenkin fosforin liukenemista ja täten heikentää puhdistustulosta. Lietteen käsittelyyn ja sijoitukseen kiinnitetään tulevaisuudessa entistä enemmän huomiota. Tällöin ei voida varauksetta suositella enää rakennettavaksi esisaostusaltaita, joita samalla käytetään lietteen varastointiin.

Tehostetussa lammikossa syntyvä lietteen määriä ja laatua on käsitelty tarkemmin luvussa 2.5 "Tutkimustulokset".

## KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Airaksinen, Jussi U. Jäteveden lammikkopuhdistamot. Oulun yliopisto. Luentomoniste 1975.
2. Antila, P. Lammikko- ja suopuhdistamoiden tehon parantaminen. Vesihuoltoliiton koulutuspäivät, Vaasa 1974.
3. Lehtonen, H. Jätevesilammikoiden toiminnan tehostaminen saostuskemikaaleilla. Diplomityö, Helsingin teknillinen korkeakoulu 1974.
4. Lehtonen, H., Poikolainen, M-L. Jätevesilammikoiden toiminnan tehostaminen. Vesitalous 2, 1974.
5. Metcalf & Eddy. Waste Water Engineering. McGraw-Hill Book Company Inc. New York 1972.
6. Mäkelä, M. Lammikointi jäteveden puhdistusmenetelmänä. Maataloushallituksen vesiensuojelutoimiston tiedonantoja n:o 7, 1964.
7. Mäkelä, M., Lehtonen, H., Murtomäki, R. Lammikoinnin tehostaminen. SITRA, YVY-projekti E 15, 1974.
8. Niinivaara, K. Jätevesien lammikointi. Maataloushallituksen vesiensuojelutoimiston tiedonantoja n:o 12, 1965.
9. Puolanne, J. Lammikkopuhdistamojen toiminnasta ja sen tehostamisesta. Vesihallitus, tiedotus 24. Helsinki 1972.
10. Ranta, Ulla-Maija, Rautalahti-Miettinen, Elina ja Yli-Rantala, Marja. Jätevesilammikot. Kirjallisuustyö, Teknillinen korkeakoulu, Kemian osasto 1975.
11. Rantalahti, R. Flotaation käyttö lammikoinnin yhteydessä. YVY-projekti n:o 7521. Tutkimusosa 2. Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos. Moniste 1975.
12. Ratilainen, M., Seppälä, M. Jätevesilammikoiden kemikalointitutkimus. YVY-projekti n:o 7521. Tutkimusosa 1. Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos. Moniste 1976.
13. Ronkainen, R. Lammikkopuhdistamon mitoituksista ja toiminnan tehostamisesta saostuskemikaaleilla. Diplomityö, Oulun yliopisto 1976.
14. Rönkkömäki, M., Seppälä, M. Jätevesilammikoiden lietetutkimus. YVY-projekti n:o 7521. Tutkimusosa 3. Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos, Moniste 1976.

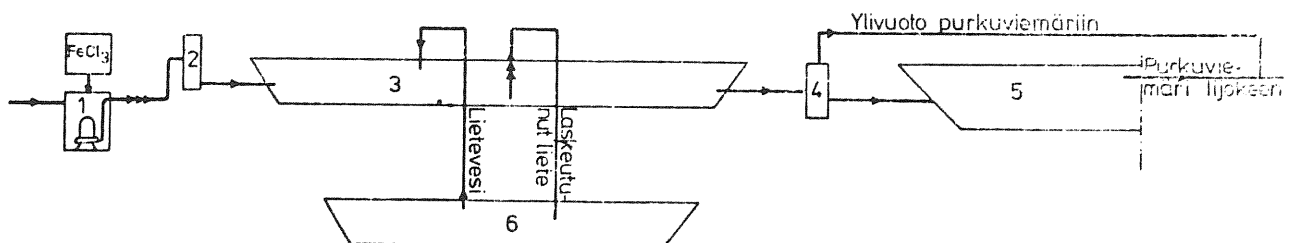
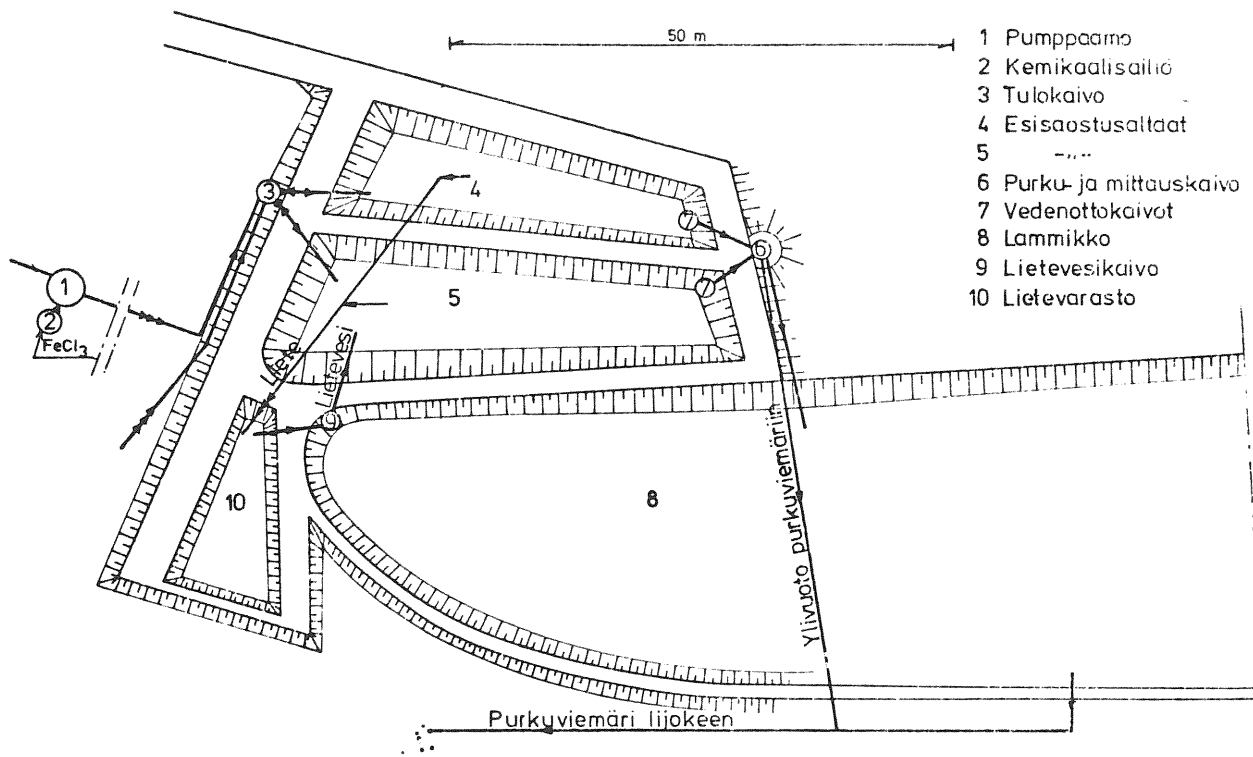
15. Santaholma, A., Reinikainen, L., Kalliola, P. Jäteveden kemiallisen puhdistuksen teoriaa. Jäteveden kemiallisia puhdistuskokeita ferrikloridilla ja kalkilla. Vesihallitus, tiedotus 80. Helsinki 1975.
16. Toivainen, V. Jätevesipuhdistamoiden lietteenkäsittelymenetelmistä. Diplomityö, Oulun yliopisto 1976.
17. Tähtelä, H. Lammikkopuhdistamon tehostamisesta flotaatiolla. Diplomityö, Oulun yliopisto 1976.





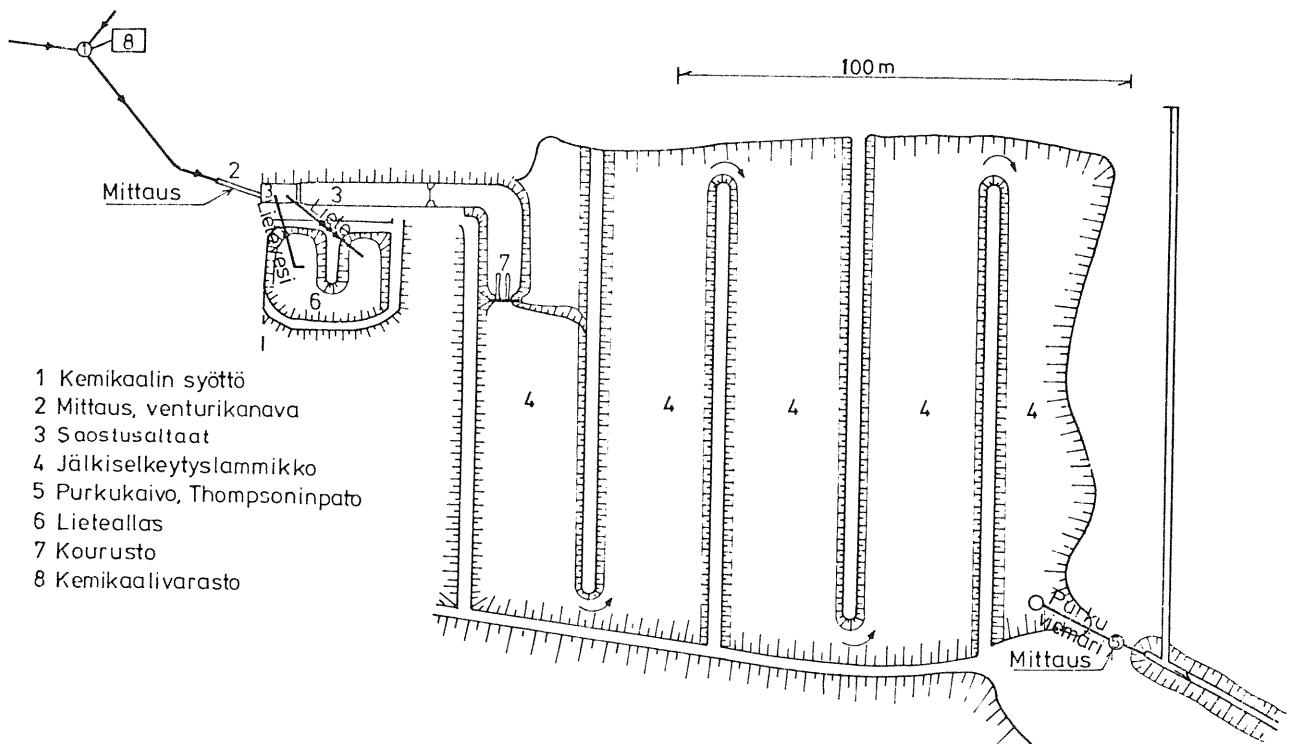
# LIITE 1

## lin lammikon yleis- järjestely

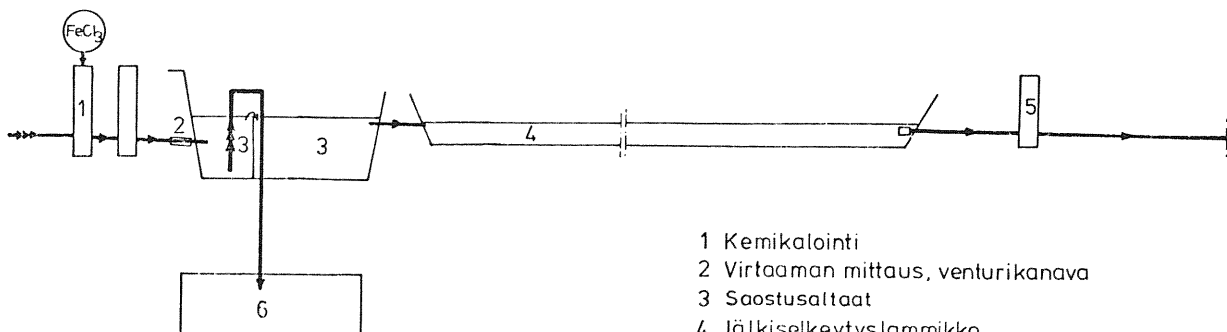


- 1 Pumppaamo, kemikalointi
- 2 Tulokaivo
- 3 Esisaostus
- 4 Virtaaman mittaus ja purkukaivo
- 5 Jälkiselkeytyslammikko
- 6 Lietteen varastointi

LIITE 2  
Kempeleen lammikon  
yleisjärjestely

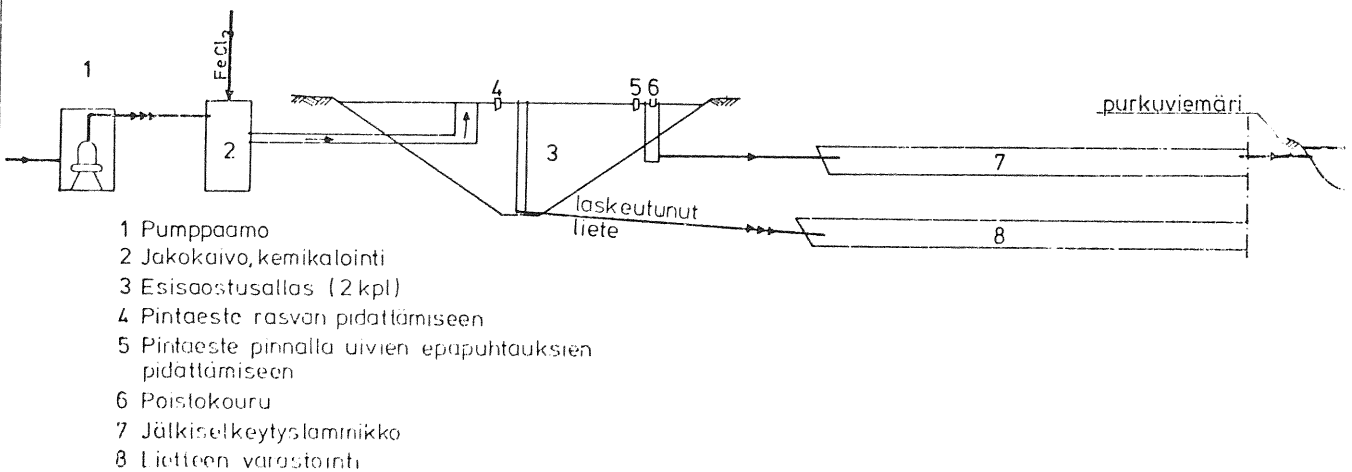
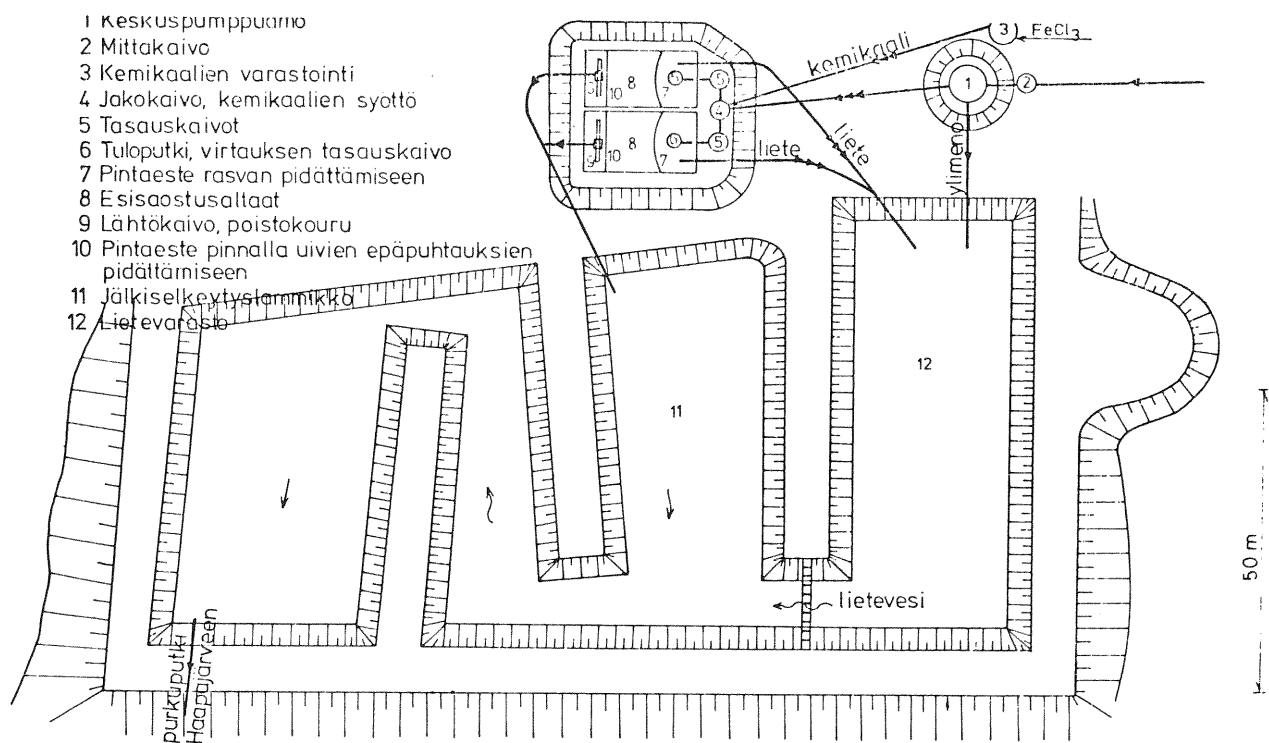


- 1 Kemikaalin syöttö
- 2 Mittaus, venturikanava
- 3 Saostusaltaat
- 4 Jälkiselkeytyslammikko
- 5 Purkukaivo, Thompsoninpatio
- 6 Lietteallas
- 7 Kourusto
- 8 Kemikaalivarasto

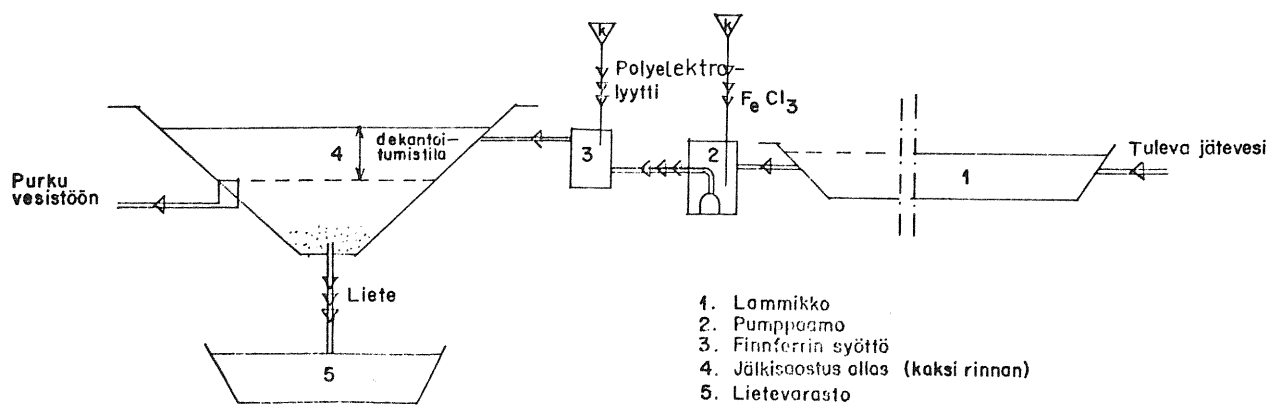
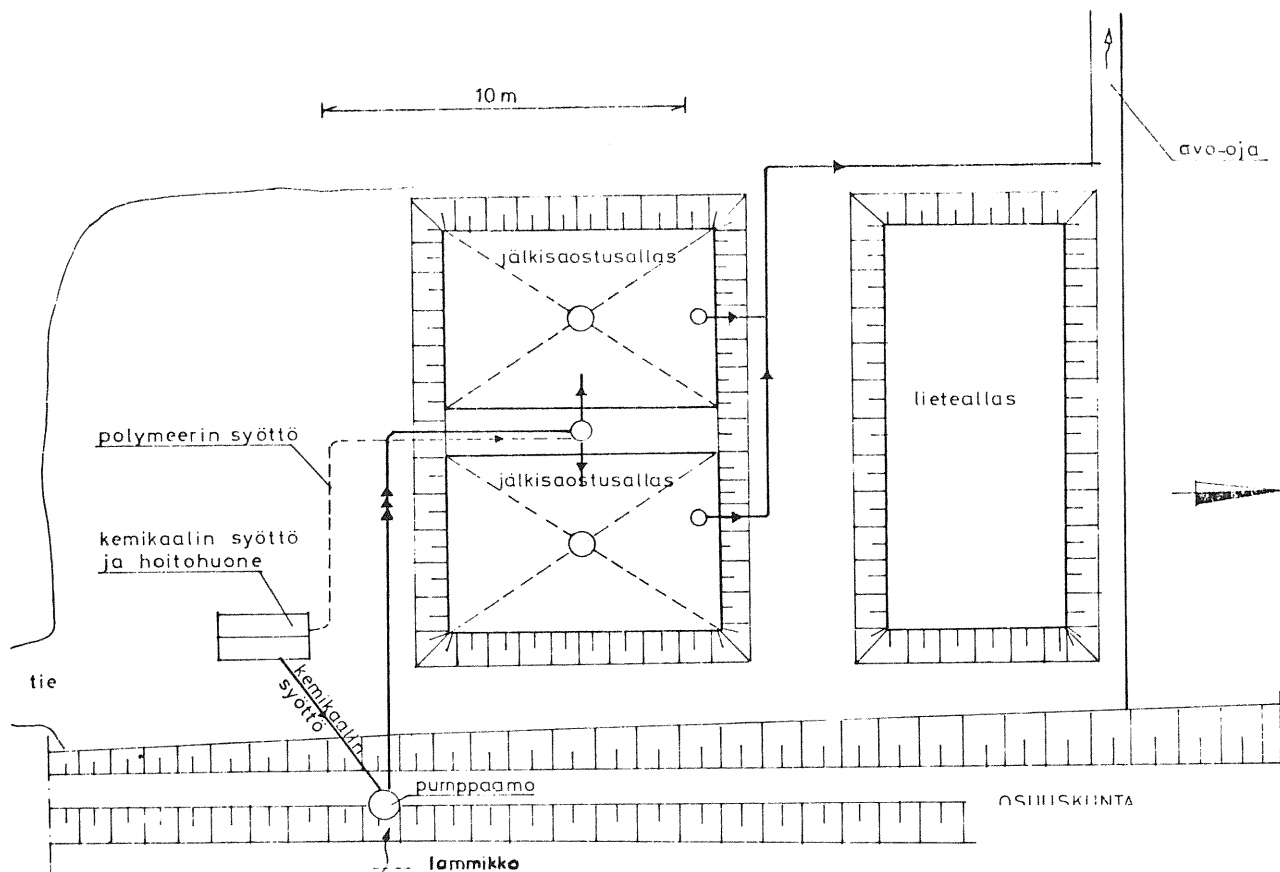


- 1 Kemikalointi
- 2 Virtaaman mittaus, venturikanava
- 3 Saostusaltaat
- 4 Jälkiselkeytyslammikko
- 5 Purkukaivo, Thompsoninpatio
- 6 Liettevarasto

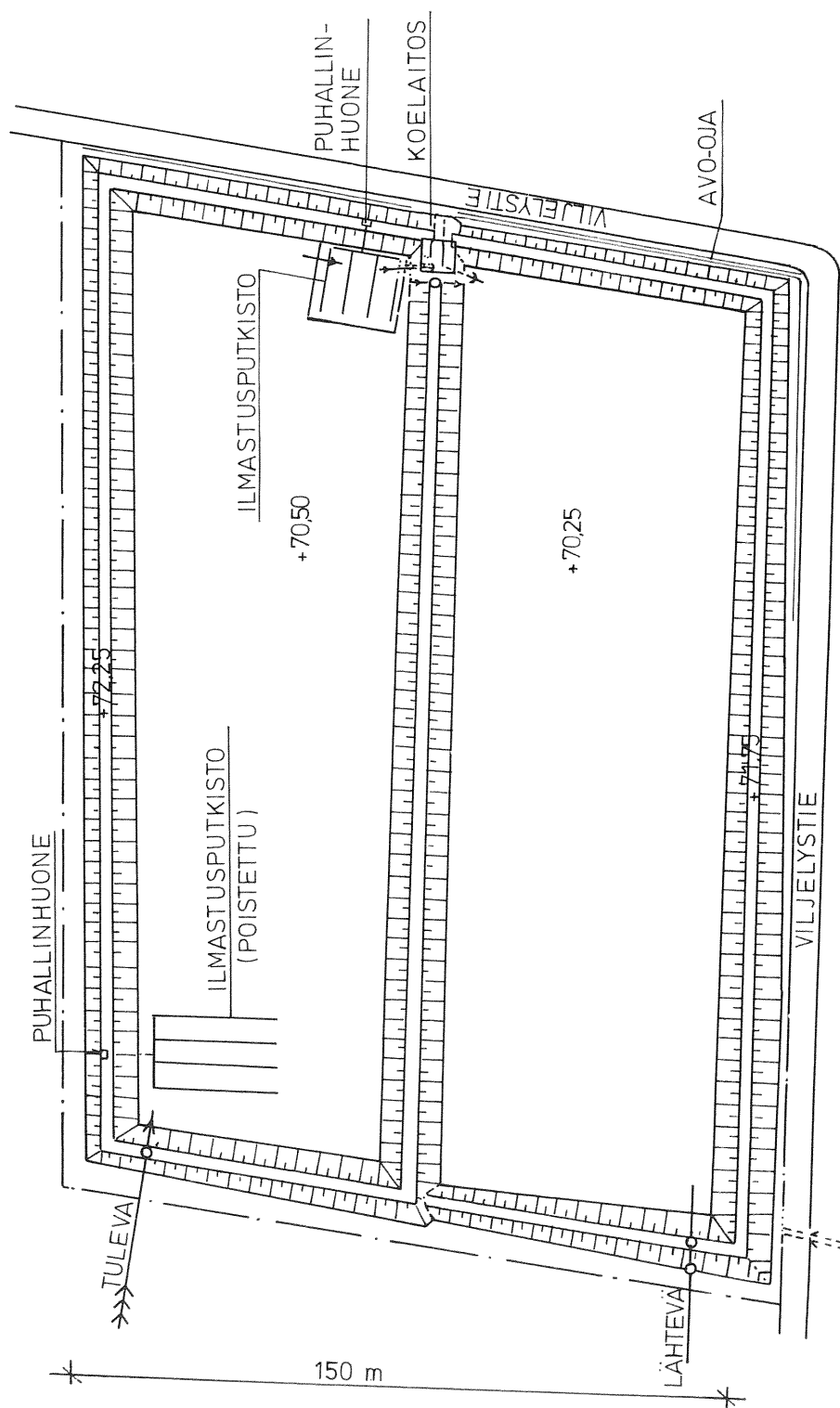
Haapaveden kunnan  
lammikkopuhdistamo



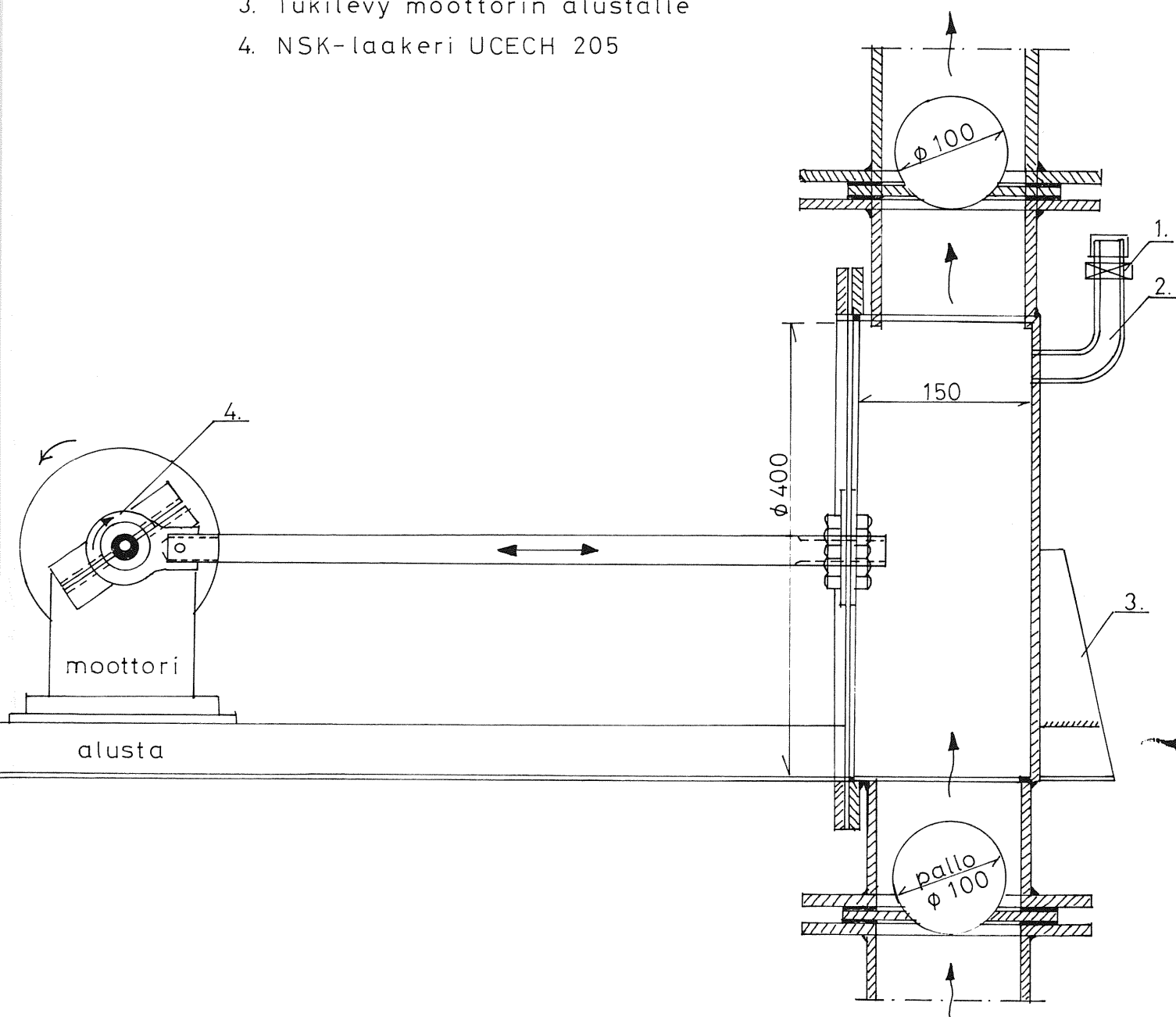
Pohjolan Maidon  
lammikkopuhdistamo



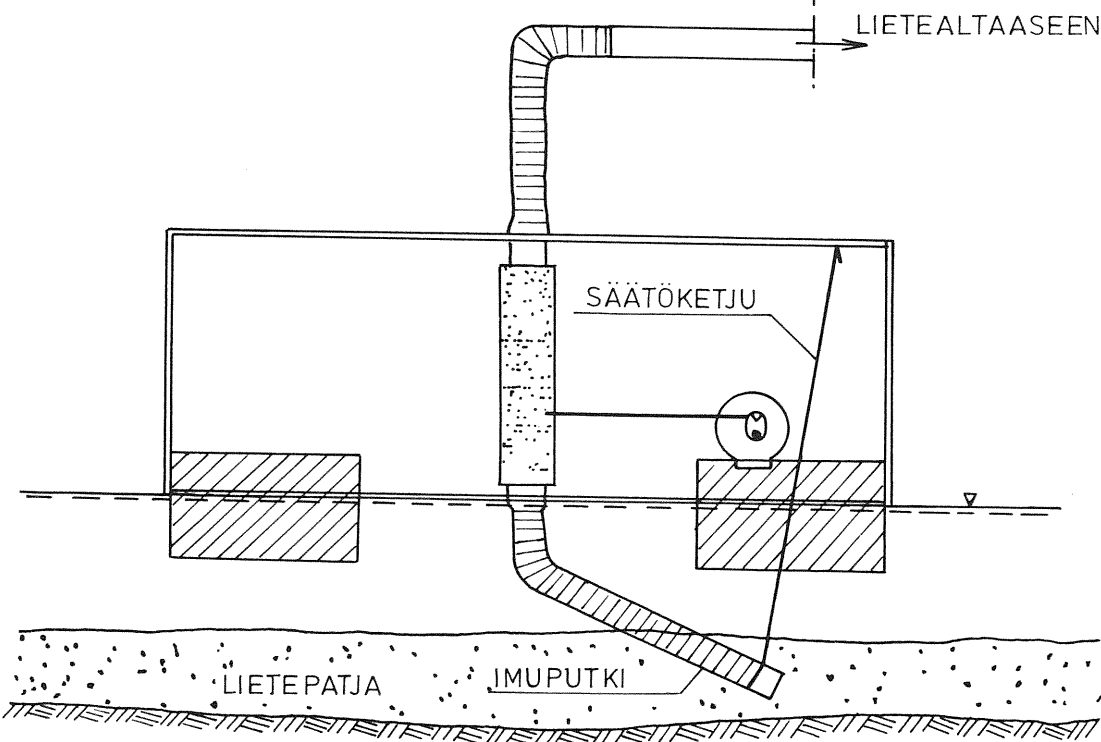
KOELAITOS I KOEJAKSON JÄLKEEN

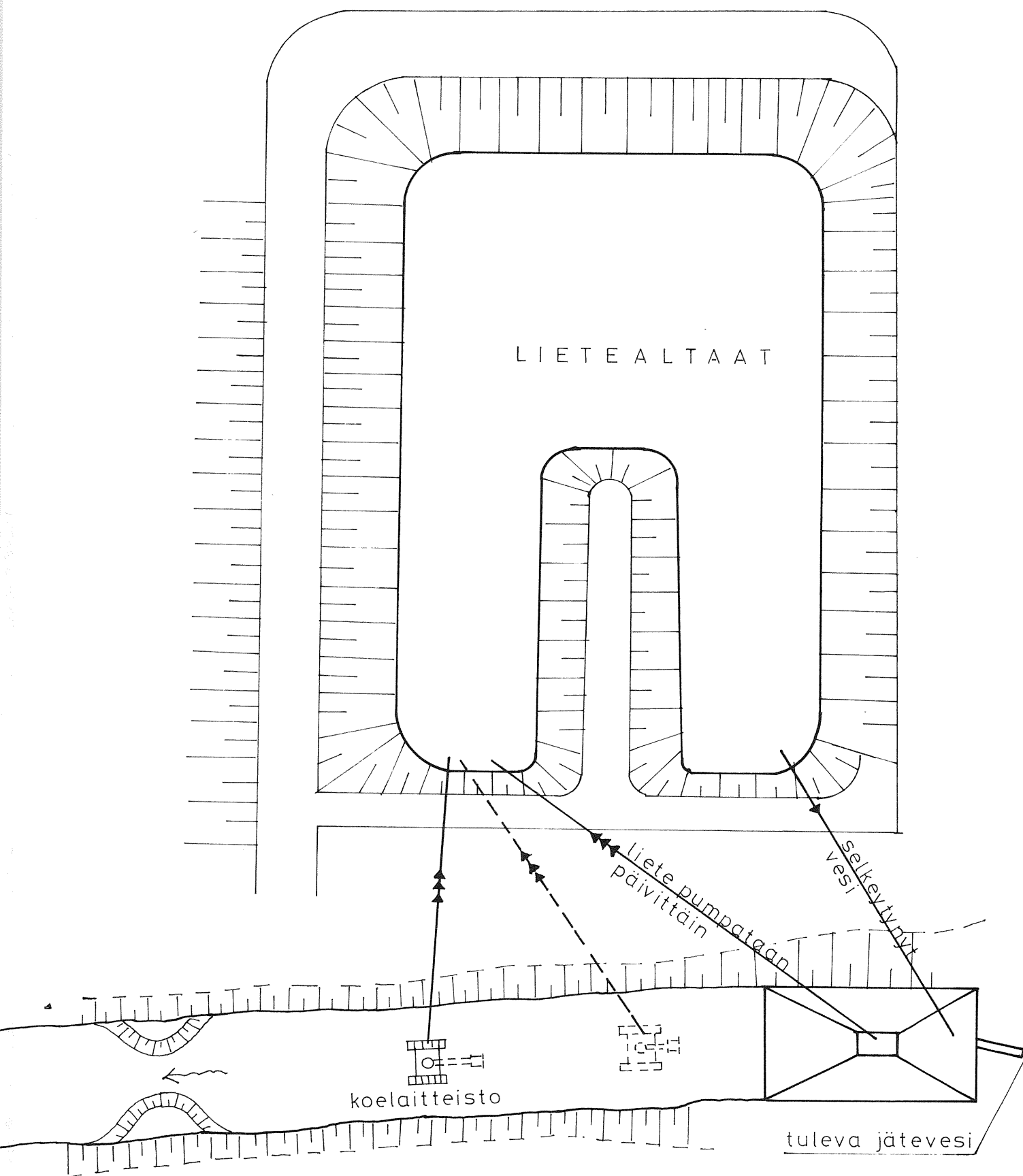


1. Täyttöventtiili
2. Täyttöputki
3. Tukilevy moottorin alustalle
4. NSK-laakeri UCECH 205



KALVOPUMPUN  
TOIMINTAPERIAATE

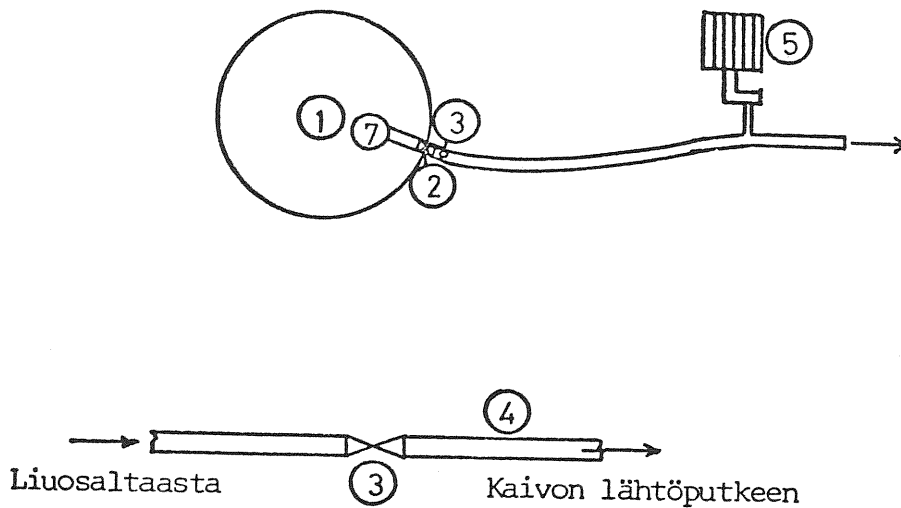




KOEJÄRJESTELY LIET-  
TEENPOISTOKOKEILUSSA  
KEMPELEESSÄ



## Kaavakuva kemikaalin syötön järjestelystä



1. Liuosallas tai kemikaalisäiliö
2. Läpivientikappale
3. Sulkuhana (+ haluttaessa annosmittari)
4. Ø 10 mm letkua
5. Annostelupumppu
6. Letkunkiristimiä
7. Imusiivilä
8. Syöttösuutin, ei välttämättä tarvita

Neljän tehostetun lammikon (Ii, Haapavesi, Liminka ja Kempele) keskimääräiset puhdistustulokset v. 1974-76 touko-lokakuussa sekä marras-huhtikuussa.

	Esisaostusaltaasta lähtevä						Lammikosta lähtevä					
	BHT <sub>7</sub>		Kok.P		Kok.N		BHT <sub>7</sub>		Kok.P		Kok.N	
	mg/l	Vähene- mä %	mg/l	Vähene- mä %	mg/l	Vähene- mä %	mg/l	Kok.vä- henemä%	mg/l	Kok.vä- henemä%	mg/l	Kok.vä- henemä%
Touko- lokakuu	45-100	45-85	1,1-1,4	75-95	>13,8	0-55	25-35	70-95	1,6-2,7	60-95	>14,6	0-60
Keski- arvo	59	70	1,2	87	29,1	26	28	85	2,0	79	26,5	33
Marras- huhtikuu	55-120	40-80	1,7-2,7	60-95	>18,1	0-40	45-90	45-85	2,0-3,3	55-90	>18,3	0-45
Keski- arvo	72	64	2,0	82	36,2	20	57	71	2,3	79	34,4	24



## YVY-julkaisusarja

1. Vesihuollon taloudellisuus
2. Vedenkulutuksen vaihtelut
3. Vesijohtoverkon toiminnan luotettavuus
4. Jätevedenpuhdistamojen allastilojen kattaminen
5. Ammoniakin poisto pohjavedestä
6. Teurastamojen ja lihanjalostuslaitosten jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
7. Maidonjalostusteollisuuden jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
8. Vesi- ja jätehuollon laitteiden julkinen testaus
9. Jätehuollon esimerkkisuunnitelman laatiminen keskisuurille kunnille
10. Yhdyskuntien jätehuollon nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät
11. Menetelmä taajamien vesihuollon toteuttamisasteen ja kehityksen arvioimiseksi
12. Kaatopaikat 1974
13. Viemärilaitoksen systeemanalyysi
14. Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus
15. Jäteveden puhdistamojen hydraulikan ja dynamiikan tutkiminen merkkialanetekniikalla
16. Vedenjakelujärjestelmän toiminnallinen suunnittelu
17. Vedenjakelujärjestelmän simulointimalli
18. Bandsedimentator
19. Sekaviemärintiverkoston tehonlisäys ja simulointimalli suunnittelumenetelmänä
20. Haja-asutuksen viemärinto ja jätehuolto
21. Jätevesilietteen hyödyntämisen perusteet
22. Patogeenisten mikro-organismien määrittäminen kalkkilietteestä
23. Kaatopaikan valinta ja kunnossapito
24. Maaseutuyhdyskunnan jätehuolto
25. Viemäriverkoston suunnittelumalli
  - A — Yleisosa
  - B — Käyttäjän ohjekirja
  - C — Mallin testaus
  - D — Ohjelman liistaus
26. Juomaveden haju- ja makuhäiriöt ja niiden torjunta
27. Erillisiemärintiverkon runkoviemärien tehonlisäys ja simulointimalli suunnittelumenetelmänä
28. Jäte- ja jäähdytysvesien leviämistä kuvaavien matemaattisten mallien käyttökelpoisuuden arviointi
29. Talousveden käyttötarve ja -tottumukset
30. Yhdyskuntajätteen lajittelu
31. Viemärien vuotokohdat ja niiden merkitys vuodon määrään
32. Korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa
33. Ilmastustehon mittaaminen merkkialanmenetelmällä
34. Tekopohjaveden muodostaminen
35. Lammikkopuhdistamojen toiminnan tehostaminen
36. Pitkäilmasteisen rengaskanavapuhdistamon kehittäminen
37. Raudan ja mangaanin poisto pohjavedestä jälleenimeytysmenetelmällä

ISBN 951-9250-86-7  
ISSN 0355-1997

KYRIIRI OY 6269  
Helsinki 1978